

DOCKET NO.: 265003US2XPCT

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Herve ROSTAING, et al.

SERIAL NO.: NEW U.S. PCT APPLICATION

FILED: HERewith

INTERNATIONAL APPLICATION NO.: PCT/FR03/02410

INTERNATIONAL FILING DATE: July 30, 2003

FOR: MAGNETIC LEVITATION ACTUATOR

**REQUEST FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. 119
AND THE INTERNATIONAL CONVENTION**Commissioner for Patents
Alexandria, Virginia 22313

Sir:

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicant claims as priority:

COUNTRY

France

APPLICATION NO


02 09882

DAY/MONTH/YEAR

02 August 2002

Certified copies of the corresponding Convention application(s) were submitted to the International Bureau in PCT Application No. PCT/FR03/02410.

Respectfully submitted,
OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,
MAIER & NEUSTADT, P.C.



Marvin J. Spivak
Attorney of Record
Registration No. 24,913
Surinder Sachar
Registration No. 34,423

Customer Number

22850

(703) 413-3000
Fax No. (703) 413-2220
(OSMMN 08/03)



PCT/FR03/02410

REC'D 07 NOV 2003

WIPO PCT

BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION**COPIE OFFICIELLE**

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 03 JUL 2003

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

DOCUMENT DE PRIORITÉ

PRÉSENTÉ OU TRANSMIS
CONFORMÉMENT À LA
RÈGLE 17.1.a) OU b)

Martine PLANCHE

Best Available Copy

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIEGE
26 bis, rue de Saint Petersburg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23
www.inpi.fr



26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

ter depoi

BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11354*01

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 W / 260893

REMARQUES DATE 2 AOUT 2002 LIEU 75 INPI PARIS N° D'ENREGISTREMENT 0209882 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE - 2 AOUT 2002 PAR L'INPI		1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE BREVATOME 3 rue du Docteur Lancereaux 75008 PARIS	
Vos références pour ce dossier (facultatif) B 14175.3CS DD 2360/CNRS/TNPG			
Confirmation d'un dépôt par télécopie <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie			
2 NATURE DE LA DEMANDE		Cochez l'une des 4 cases suivantes	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale		N° _____ Date ____/____/____	
ou demande de certificat d'utilité initiale		N° _____ Date ____/____/____	
Transformation d'une demande de brevet européen		<input type="checkbox"/> N° _____ Date ____/____/____	
3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)			
ACTIONNEUR MAGNETIQUE A LEVITATION			
4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE		Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
5 DEMANDEUR		<input checked="" type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
Nom ou dénomination sociale		COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE	
Prénoms			
Forme juridique		Etablissement public de caractère Scientifique, Technique et Industriel	
N° SIREN		
Code APE-NAF		
Adresse	Rue	31-33 rue de la Fédération	
	Code postal et ville	75752	PARIS 15ème
Pays		FRANCE	
Nationalité		FRANCAISE	
N° de téléphone (facultatif)			
N° de télécopie (facultatif)			
Adresse électronique (facultatif)			



BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 2/2

REMISE DES PIÈCES DATE 27 AOÛT 2002 LIEU 75 INPI PARIS N° D'ENREGISTREMENT 0209882 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		Réservé à l'INPI	
Vos références pour ce dossier : <i>(facultatif)</i>		B 14175.3 CS DD 2360/CNRS/INPG	
6 MANDATAIRE			
Nom		SIMONNET	
Prénom		Christine	
Cabinet ou Société		BREVATOME 422.5/S002	
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel		7068 du 12.06.98	
Adresse	Rue	3 rue du Docteur Lancereaux	
	Code postal et ville	75008	PARIS
N° de téléphone <i>(facultatif)</i>		01.53.83.94.00	
N° de télécopie <i>(facultatif)</i>		01.45.63.83.33	
Adresse électronique <i>(facultatif)</i>		brevets.patents@spi-brevatome-groupe.fr	
7 INVENTEUR (S)			
Les inventeurs sont les demandeurs		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée	
8 RAPPORT DE RECHERCHE		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)	
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Païement échelonné de la redevance		Païement en trois versements, uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES		Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention <i>(joindre un avis de non-imposition)</i> <input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt <i>(joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence) :</i>	
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes		1	
10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) C. SIMONNET 422-5 S/002		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI 	

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.



26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



N° 11354*01

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

Page suite N° 1.. / 1..

Réservé à l'INPI

REMISE DES COPIES
DATE

LIEU

N° D'ENREGISTREMENT

NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI

24

2002

75 INPI PARIS

0209882

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

08 829 W / 260899

Vos références pour ce dossier (facultatif)

B 14175.3 CS (DD 2360+CNRS+INPG)

4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE

Pays ou organisation
Date / / N°
Pays ou organisation
Date / / N°
Pays ou organisation
Date / / N°

5 DEMANDEUR

Nom ou dénomination sociale

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Prénoms

Forme juridique

N° SIREN

Code APE-NAF

Adresse

Rue

3 rue Michel Ange

Code postal et ville

75794 PARIS CEDEX 16

Pays

FRANCE

Nationalité

FRANCAISE

N° de téléphone (facultatif)

N° de télécopie (facultatif)

Adresse électronique (facultatif)

5 DEMANDEUR

Nom ou dénomination sociale

INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE GRENOBLE

Prénoms

Forme juridique

N° SIREN

Code APE-NAF

Adresse

Rue

46 avenue Félix Viallet

Code postal et ville

38031 GRENOBLE

Pays

FRANCE

Nationalité

FRANCAISE

N° de téléphone (facultatif)

N° de télécopie (facultatif)

Adresse électronique (facultatif)

10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire)

C. SIMONNET 422-5 S/002

VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique, aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire.
Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI

ACTIONNEUR MAGNETIQUE A LEVITATION DESCRIPTION

DOMAINE TECHNIQUE

La présente invention a pour objet un
5 actionneur magnétique et notamment un microactionneur
magnétique réalisable par des techniques de la
microtechnologie, c'est à dire des techniques de micro
usinage employées en microélectronique.

Un tel actionneur peut servir dans des
10 systèmes divers, par exemple, en tant que microrelais
électrique pour commander l'ouverture, la fermeture ou
l'aiguillage d'un contact électrique, par exemple pour
commander des transistors, en tant que microrelais
optique pour commander le passage, l'obturation, la
15 commutation ou l'aiguillage d'un rayon optique, en tant
que micro valve ou micro vanne pour commander le
passage, l'obturation ou l'aiguillage d'un fluide, en
tant que capteur de choc ou de déplacement, en tant que
micro pompe, en tant que positionneur pour des têtes
20 magnétiques ou optiques, pour effectuer de
l'enregistrement AFM (sigle anglo saxon pour Atomic
Force Microscope soit microscope à forces atomiques) ou
thermique, dans des tables de positionnement.

25 ETAT DE LA TECHNIQUE ANTERIEURE

Actuellement les actionneurs réalisés en
microtechnologie sont essentiellement des actionneurs
thermiques ou électrostatiques. Les actionneurs
électrostatiques sont actuellement les plus étudiés. La
30 société Lucent commercialise un multiplexeur optique
connu sous la dénomination de « lambda router »

comportant des actionneurs électrostatiques. Il est capable de diriger un faisceau optique issu d'une fibre optique vers une autre fibre optique choisie dans un groupe de fibres optiques. Son principe est basé sur le déplacement de micro miroirs en liaison pivot avec un substrat. Ce multiplexeur possède un temps de commutation relativement lent. De plus, de tels actionneurs posent un problème important d'alimentation électrique. En effet, ils doivent être alimentés par des tensions de plusieurs dizaines voire centaines de volts. Il faut donc leur adjoindre une alimentation spécifique qui pose problème dans des applications autonomes. Un autre inconvénient est que les déplacements restent limités par rapport à la taille de l'objet.

Bien que la technique de fabrication soit plus compliquée, il existe également quelques actionneurs magnétiques. Ils fonctionnent sur le principe de l'électroaimant et utilisent essentiellement des circuits magnétiques à base de fer et une bobine d'excitation. Ils comportent une partie magnétique fixe et une partie magnétique mobile qui est mécaniquement reliée à la partie magnétique fixe. Un circuit électrique permet d'exciter la partie magnétique mobile pour lui faire prendre une position de travail en la faisant se déplacer par rapport à la partie magnétique fixe. En l'absence d'excitation la partie magnétique mobile est dans une position de repos.

On connaît dans l'article « Latching micro magnetic relays with multistrip permalloy cantilevers »

de M. RUAN et J. SHEN publié dans IEEE MEMS 2001 pages 224 à 227 un microactionneur magnétique à aimant réalisé sur un substrat de silicium. L'aimant est fixe, il est encastré dans le silicium et est recouvert par un bobinage de commande. La partie magnétique mobile est en forme de poutre avec une liaison pivot en son centre permettant un mouvement de bascule par rapport à la partie magnétique fixe.

Un autre type de microactionneur magnétique à aimant a été décrit sur le site Internet du Laboratoire de recherche de la société IBM à Zurich (www.zurich.ibm.com) sous le titre « Electromagnetic scanner » en avril 2001. Le microactionneur fonctionne sur le principe du haut-parleur. Des bobines planes placées sur un substrat commandent le déplacement d'aimants solidaires d'une platine, cette dernière étant suspendue mécaniquement par des poutres flexibles à un cadre fixe solidaire du substrat.

Dans tous ces actionneurs, la partie magnétique mobile est reliée mécaniquement à la partie magnétique fixe. Cette liaison mécanique est délicate à réaliser par des techniques collectives de fabrication. De plus, cette connexion limite la mobilité de la partie magnétique mobile, cette mobilité résulte d'une déformation d'un des éléments reliant la pièce mobile à la pièce fixe. Cette déformation peut induire, lors des déplacements, une fatigue de l'élément reliant la pièce magnétique mobile à la pièce magnétique fixe. Les performances en vitesse de tels actionneurs magnétiques sont faibles.

Les forces d'entraînement de la partie magnétique mobile sont dues au champ magnétique créé par au moins une bobine. Or à densité de courant constante, une microbobine crée une force bien plus
5 faible qu'une bobine de même forme mais de plus grandes dimensions. Les performances de tels actionneurs restent donc médiocres. Les forces massiques qu'ils sont susceptibles de fournir sont faibles relativement à leur taille.

10 De plus, de tels actionneurs doivent être alimentés électriquement lorsqu'ils sont en position de travail. En l'absence d'alimentation, ils reviennent en position de repos. Leur consommation électrique n'est pas négligeable.

15

EXPOSÉ DE L'INVENTION

La présente invention a justement pour but de proposer un actionneur magnétique qui ne présente pas les inconvénients mentionnés ci-dessus.

20 Cet actionneur utilise le principe du guidage magnétique d'une partie magnétique mobile, c'est à dire du déplacement sans contact mécanique autre que celui de l'air ambiant, lorsqu'on l'utilise dans l'air.

25 L'actionneur magnétique de la présente invention est particulièrement adapté à une réalisation en microtechnologie.

Plus précisément la présente invention est un actionneur magnétique comportant une partie
30 magnétique mobile, une partie magnétique fixe et des moyens pour déclencher le déplacement de la partie

magnétique mobile par rapport à la partie magnétique fixe. Il comporte deux supports amagnétiques placés dans des plans différents, délimitant entre eux un espace, la partie magnétique fixe étant solidaire d'au moins un des supports, les supports présentant chacun une zone de butée pour la partie magnétique mobile, la zone de butée et la partie magnétique fixe étant distinctes. La partie magnétique mobile est en lévitation dans l'espace entre les deux supports grâce à un guidage magnétique dû à la partie magnétique fixe lorsqu'elle n'est pas en butée contre la zone de butée de l'un des supports.

Ainsi lors de son déplacement, la partie magnétique mobile n'est pas reliée mécaniquement à la partie magnétique fixe et il n'y a pas de guidage mécanique entre la partie magnétique mobile et la partie magnétique fixe.

De manière avantageuse et simple, la partie magnétique mobile comporte un aimant.

La partie magnétique fixe peut comporter au moins une pièce magnétique.

La partie magnétique fixe peut comporter au moins une paire de pièces magnétiques sur un support.

L'interaction entre la partie magnétique fixe et la partie magnétique mobile réalise un centrage de la partie magnétique mobile sur la zone de butée, mais ce centrage peut être renforcé. Pour cela, la partie magnétique mobile et au moins un des supports peuvent comporter des moyens de centrage mécanique de la partie magnétiques mobile sur la zone de butée dudit support.

Les moyens de centrage magnétiques peuvent être des reliefs sensiblement biseautés ou chanfreinés portés à la fois par le support et la partie magnétique mobile, ces reliefs ayant des formes conjuguées.

5 La partie magnétique fixe contribue à délimiter au moins une des zones de butée.

Les moyens pour déclencher le déplacement de la partie magnétique mobile peuvent être portés par au moins un des supports.

10 Ils peuvent avoir un effet magnétique.

Les moyens pour déclencher le déplacement de la partie magnétique mobile peuvent chauffer la partie magnétique fixe et modifier ses propriétés magnétiques.

15 Dans une variante, les moyens pour déclencher le déplacement de la partie magnétique mobile peuvent créer un champ magnétique au voisinage de la partie magnétique mobile. Dans ce cas, ils peuvent être réalisés par au moins un conducteur apte à
20 être parcouru par un courant électrique. La consommation en énergie est nulle lorsque la partie magnétique mobile est en butée contre l'un des supports amagnétique, c'est à dire en position de travail.

Il est possible de prévoir des moyens pour
25 asservir le courant à faire circuler dans le conducteur, à la position de la partie magnétique mobile, de manière à ce qu'elle puisse prendre une pluralité de positions stables en lévitation. L'actionneur magnétique peut alors servir de
30 positionneur.

Selon un autre mode de réalisation, les moyens pour déclencher le déplacement de la partie magnétique mobile peuvent être des moyens pneumatiques ou hydrauliques.

5 La partie magnétique fixe peut être réalisée dans un matériau choisi dans le groupe des matériaux magnétiques doux, des matériaux magnétiques durs, des matériaux à hystérésis, des matériaux supraconducteurs, des matériaux diamagnétiques, ces
10 matériaux étant pris seuls ou en combinaison.

Les supports peuvent être réalisés à base de matériau semi-conducteur, de matériau diélectrique ou de matériau conducteur, ces matériaux étant pris seuls ou en combinaison.

15 Il est particulièrement avantageux au point de vue fabrication, que l'aimantation de la partie magnétique fixe et celle de la partie magnétique mobile soient dirigées dans une même direction.

Pour que l'actionneur magnétique puisse
20 fonctionner en relais électrique, au moins une zone de butée comporte une paire de contacts électriques et la partie magnétique mobile comporte au moins un contact électrique, la partie magnétique mobile venant relier les deux contacts électriques de la paire de contacts
25 électriques, lorsqu'elle est en butée contre la zone de butée.

Pour que l'actionneur magnétique puisse fonctionner en valve, l'un au moins des supports comporte dans la zone de butée, un orifice de passage
30 d'un fluide.

Pour que l'actionneur magnétique puisse fonctionner en relais optique, la partie magnétique mobile comporte un miroir destiné à passer à travers une fente de l'un des supports.

5 La présente invention concerne également une matrice d'actionneurs magnétiques, elle comporte une pluralité d'actionneurs magnétiques. ainsi caractérisés, ces actionneurs magnétiques partageant au moins un même support.

10 La présente invention concerne également un procédé de réalisation d'un actionneur magnétique. Il comporte les étapes suivantes :

sur un premier substrat amagnétique
réalisation d'un cadre sacrificiel suivant le contour
15 d'une base d'une partie magnétique mobile,

dépôt d'une première couche diélectrique
sur le premier substrat et réalisation d'au moins un
caisson apte à recevoir une partie magnétique fixe,

dépôt dans le caisson de la partie
20 magnétique fixe,

dépôt d'une seconde couche diélectrique sur
la première couche diélectrique et réalisation de
caissons aptes à recevoir la partie magnétique mobile
et au moins un conducteur de moyens pour déclencher le
25 déplacement de la partie magnétique mobile,

dépôt dans les caissons de la partie
magnétique mobile et du conducteur,

gravure dans les couches diélectriques
d'une ou plusieurs tranchées atteignant le cadre
30 sacrificiel,

assemblage du premier substrat retourné sur un second substrat amagnétique en insérant entre eux au moins une entretoise délimitant un espace entre les deux substrats, cet espace étant destiné au déplacement
5 de la partie magnétique mobile,

gravure du premier substrat et retrait du cadre sacrificiel pour libérer la partie magnétique mobile et la base.

Le procédé peut comporter, avant
10 l'assemblage des deux substrats, les étapes suivantes :

réalisation sur le second substrat, dans une première couche diélectrique, d'au moins un caisson apte à recevoir la partie magnétique fixe,

dépôt dans le caisson de la partie
15 magnétique fixe,

dépôt d'une seconde couche diélectrique sur la première couche diélectrique et réalisation d'au moins un caisson apte à recevoir au moins un conducteur des moyens pour déclencher le déplacement de la partie
20 magnétique mobile,

dépôt dans le caisson du conducteur.

Le procédé peut prévoir une étape d'aimantation de la partie magnétique mobile et éventuellement de la partie magnétique fixe avant
25 l'étape de libération de la partie magnétique mobile.

Le premier substrat est aminci avant l'étape de gravure du premier substrat, la partie gravée ayant une fonction de miroir

Le premier substrat et le second substrat
30 peuvent être réalisés à base de matériau semi-conducteur ou de matériau diélectrique.

BRÈVE DESCRIPTION DES DESSINS

La présente invention sera mieux comprise à la lecture de la description d'exemples de réalisation donnés, à titre purement indicatif et nullement limitatif, en faisant référence aux dessins annexés sur lesquels :

- les figures 1A, 1B montrent dans deux positions stables un actionneur magnétique selon l'invention fonctionnant en tant que valve;

- la figure 2 montre un actionneur magnétique selon l'invention fonctionnant en tant que vanne;

- la figure 3 montre les lignes de champ magnétique qui s'établissent autour de l'aimant de la partie magnétique mobile d'un actionneur magnétique selon l'invention, ainsi que les conducteurs des moyens pour déclencher le déplacement de la partie magnétique mobile;

- les figures 4A, 4B, 4C montrent respectivement, un actionneur magnétique selon l'invention fonctionnant en tant que relais électrique, en tant que commutateur électrique, et une vue de dessus des bobinages supérieurs des moyens pour déclencher le déplacement de la partie magnétique mobile;

- les figures 5A et 5B montrent, dans deux positions différentes, un actionneur magnétique fonctionnant en tant que relais optique;

- les figures 6A, 6B montrent deux actionneurs magnétiques selon l'invention dont les

parties magnétiques fixes sont formées d'une seule pièce magnétique par support;

- la figure 7 montre un actionneur magnétique selon l'invention fonctionnant en tant que
5 positionneur;

- les figures 8A, 8B montrent des actionneurs magnétiques selon l'invention arrangés en matrice et partageant au moins un même support;

- la figure 9A, montre un actionneur
10 magnétique selon l'invention;

- la figure 9B est un organigramme permettant d'expliquer comment positionner les aimants de l'actionneur de la figure 9A pour obtenir deux positions stables de la partie magnétique mobile dans
15 un cas très particulier;

- la figure 9C représente la force F_x qui s'applique sur la partie magnétique mobile, en butée, en fonction de sa position selon l'axe x lorsque l'actionneur possède une configuration souhaitée avec
20 deux positions stables en butée;

- la figure 9D représente la force F_x qui s'applique sur la partie magnétique mobile, en butée, en fonction de sa position selon l'axe x lorsque l'actionneur possède une configuration à éviter avec
25 deux positions instables en butée;

- les figures 10A à 10I montrent un exemple de réalisation du premier support, de la partie magnétique mobile, d'une paire d'aimants et d'une paire de conducteurs d'un actionneur magnétique selon
30 l'invention;

- les figures 11A à 11D montrent un exemple de réalisation du second support, d'une paire d'aimants et d'une paire de conducteurs d'un actionneur magnétique selon l'invention;

5 - les figures 12A, 12B montrent les étapes d'assemblage des deux supports et de libération de la partie magnétique mobile;

10 - les figures 13A, 13B montrent l'étape d'assemblage du premier support des figures 10 avec un second support sans aimant, ni conducteur et l'étape de libération de la partie magnétique mobile.

15 Des parties identiques, similaires ou équivalentes des différentes figures décrites ci-après portent les mêmes références numériques de façon à faciliter le passage d'une figure à l'autre.

20 Les différentes parties représentées sur les figures ne le sont pas nécessairement selon une échelle uniforme, pour rendre les figures plus lisibles.

EXPOSÉ DÉTAILLÉ DE MODES DE RÉALISATION PARTICULIERS

On va se référer aux figures 1A, 1B qui montrent de manière schématique un exemple d'actionneur magnétique selon l'invention dans deux positions stables, en butée, différentes. On suppose que dans ce mode de réalisation, l'actionneur est une valve. Cet actionneur comporte un premier support 1 et un second support 2 amagnétiques, disposés en strates dans des plans différents, et délimitant entre eux un espace 3 dans lequel une partie magnétique mobile 4 est susceptible de se déplacer. On peut noter qu'il n'y a

pas de notion de verticalité ou d'horizontalité car la masse de l'actionneur est très faible par rapport aux forces magnétiques mises en jeu.

Sur les figures 1A, 1B, les supports sont représentés en forme de plaques disposées sensiblement parallèlement, l'une au-dessus de l'autre, le premier support 1 étant en haut et le second support 2 en bas. Une autre orientation et/ou une autre forme des supports est possible. Les supports 1, 2 peuvent être réalisés par exemple à base de matériau semi-conducteur tel que le silicium ou l'arséniure de gallium, de matériau diélectrique tel que la céramique, le verre, ou un matériau plastique, de matériau conducteur tel que l'aluminium. Des combinaisons de plusieurs de ces matériaux sont envisageables. Toutefois, les supports 1, 2 sont, de préférence, isolants électriquement, au moins localement, dans la mesure où ils portent à la fois des parties magnétiques et des conducteurs électriques.

Cet actionneur comporte également une partie magnétique fixe 5 solidaire d'au moins un des supports 1, 2. Sur les figures 1A, 1B, la partie magnétique fixe 5 est formée de deux pièces magnétiques 51, 52 qui sont solidaires du premier support 1. Ces pièces magnétiques peuvent être des aimants mais ce n'est pas une obligation. On suppose dans le reste de la description que ce sont des aimants sauf mention autre. Ils sont placés sur l'une de ses faces principales, celle qui se trouve à l'opposé de l'espace 3. Le second support 2 ne porte pas de partie magnétique fixe.

Ces pièces magnétiques pourraient être solidaires de son autre face principale, du côté de l'espace 3 comme le sont les aimants 51, 52 montrés les figures 5A, 5B décrites ultérieurement. Dans cette configuration les aimants 51, 52 sont inclus dans le support 1, ils y sont encastrés. Il est, en effet préférable, que la partie magnétique fixe 5 associée à un des supports et que la partie magnétique mobile 4, en butée, soient décalés, c'est à dire dans des plans différents. Si toutefois, la partie magnétique fixe se trouve du côté de l'espace 3, on donnera de préférence, aux aimants de la partie magnétique fixe et de la partie magnétique mobile des épaisseurs différentes pour obtenir ce décalage. De préférence, l'aimant mobile sera plus épais que le ou les aimants fixes.

La partie magnétique mobile 4 comporte un aimant 40. Elle est dépourvue de liaison mécanique avec la partie magnétique fixe 5. Les supports amagnétiques 1, 2 comportent chacun une zone de butée 10, 20 pour la partie magnétique mobile 4. Dans l'exemple des figures 1A, 1B, la partie magnétique fixe 5 contribue à délimiter les zones de butée 10, 20. Les deux aimants 51, 52 se trouvent de part et d'autre de la zone de butée 10. Dans tous les cas la zone de butée 10, 11 et la partie magnétique fixe 5 sont distinctes mais voisines pour que l'interaction puisse avoir lieu. La zone de butée 20 du second support 2 se trouve face à la zone de butée 10 du premier support 1. La partie magnétique mobile 4 se trouve soit en butée contre l'un des supports 1, 2, soit en lévitation dans l'espace 3 entre les deux supports 1, 2, sans aucun contact,

guidée de manière magnétique par la partie magnétique fixe 5 au moins.

L'actionneur magnétique comporte également des moyens 6 pour déclencher le déplacement de la partie magnétique mobile 4. Les moyens 6 pour déclencher le déplacement de la partie magnétique mobile 4 ont pour fonction de modifier les forces qui interagissent sur la partie magnétique mobile 4 et donc de modifier l'équilibre de l'ensemble partie magnétique fixe-partie magnétique mobile. Ils initient le déplacement de la partie magnétique mobile 4. Ensuite le déplacement est dû aux interactions entre la partie magnétique fixe 5 et la partie magnétique mobile 4.

On suppose que dans cet exemple, les moyens 6 pour déclencher le déplacement de la partie magnétique mobile ont un effet mécanique. Ils sont de type pneumatique ou hydraulique. Le premier support 1 est muni d'un orifice 7 se trouvant dans la zone de butée 10. On cherche à ce que dans une position stable la partie magnétique mobile 4 vienne se plaquer dans la zone de butée 10 contre le premier support 1 grâce à l'interaction qu'exerce sur elle la partie magnétique fixe 5. Elle obture alors l'orifice 7. Rien ne peut pénétrer dans l'espace 3 par l'orifice 7. Lorsqu'un fluide f est injecté au travers de l'orifice 7 vers l'espace 3 et qu'il possède une pression suffisante pour déplacer la partie magnétique mobile 4, cette dernière vient se placer dans la zone de butée 20 plaquée sur le second support 2 (figure 1A). Le fluide f peut alors pénétrer dans l'espace 3 et s'écouler latéralement selon les flèches en pointillés. Dans

cette position en butée contre le second support 2, la partie magnétique mobile 4 reste en interaction avec la partie magnétique fixe 5. Si la pression du fluide f ne s'exerce plus suffisamment ou que la pression du fluide f s'inverse, la partie magnétique mobile 4 revient en position haute, en butée contre le premier support 1 et elle obture l'orifice 7 (figure 1B). Cela se produit lorsque les caractéristiques géométriques des aimants, leur aimantation et leurs positions relatives dans l'espace sont ajustées correctement.

L'interaction entre la partie magnétique fixe et la partie magnétique mobile a pour effet de centrer la partie magnétique mobile dans la zone de butée. Pour améliorer le centrage de la partie magnétique mobile dans la zone de butée 10, 20 d'au moins un des supports 1, 2, on peut prévoir des moyens de centrage mécanique 8 de la partie magnétique mobile 4 au niveau de la zone de butée 10, 20 d'au moins un des supports 1, 2. On peut munir la partie magnétique mobile 4 et la zone de butée 10 concernée chacune d'un relief 80, 81, ces reliefs 80, 81 ayant des formes conjuguées. Ces reliefs peuvent être des parties chanfreinées ou biseautées, elles sont alors sensiblement pyramidales ou coniques. Ces reliefs 80, 81 coopèrent lorsque la partie magnétique mobile 4 est en butée contre le support 1, 2, elle vient s'encastrent dans le support.

Sur les figures 1A, 1B, les moyens d'encastrement sont localisés sur le premier support 1. Le déplacement de la partie magnétique mobile 4 peut se

faire alors d'une position parfaitement centrée haute à une position basse et vice versa.

Dans l'exemple des figures 1A, 1B, ce sont les flancs de l'aimant mobile 40 qui sont sensiblement pyramidaux et le support 1 qui porte l'orifice 7 comporte une cuvette dont les flancs sont également sensiblement pyramidaux, l'aimant mobile venant se placer dans la cuvette du support en position haute.

On aurait pu envisager que l'aimant mobile soit porté par une base et que ce soit cette base qui comporte les moyens de centrage. Ces reliefs peuvent être aisément réalisés par usinage chimique notamment lorsqu'on emploie des techniques utilisées en micro électronique pour réaliser l'actionneur magnétique.

Dans l'exemple des figures 1A, 1B qui représente une valve, les moyens de centrage 8 ont également une fonction d'étanchéité au fluide lorsque la partie magnétique mobile 4 est en position haute. Le fluide ne peut s'introduire dans l'espace 3 tant que sa pression n'est pas suffisante.

Au lieu d'utiliser des moyens 6 pour déclencher le déplacement de la partie magnétique mobile 4 sous forme pneumatique à effet mécanique, il est possible d'utiliser des moyens dont l'effet est magnétique. Ces moyens peuvent engendrer une augmentation localisée de la température et ainsi modifier les caractéristiques magnétiques de la partie magnétique fixe 5.

La figure 2 illustre cette caractéristique. Sur la figure 2, la partie magnétique fixe 5 est répartie sur les deux supports 1, 2. Elle comporte deux

paires d'aimants référencés respectivement 51, 52, 53,
 54 et chaque paire d'aimants est solidaire d'un des
 supports 1, 2. En répartissant sur les deux supports 1,
 2 la partie magnétique fixe 5, il est plus facile de
 5 maîtriser le positionnement de la partie magnétique
 mobile 4 en butée. Plus généralement, les pièces
 magnétiques, regroupées par paires sont situées de part
 et d'autre d'une zone de butée.

La figure 2 montre que les aimants 51 à 54
 10 de la partie magnétique fixe 5 sont équipés chacun, sur
 une de leur face, d'une résistance de chauffage R. Ces
 résistances peuvent être réalisées par un dépôt
 métallique conducteur par exemple à base de cuivre,
 d'argent d'or, d'aluminium, de polysilicium. Dans cette
 15 configuration, les moyens 6 pour déclencher le
 déplacement de la partie magnétique mobile 4 sont
 répartis sur les deux supports 1, 2. On pourrait
 envisager qu'ils soient localisés sur l'un d'entre eux
 seulement comme sur la figure 4A.

20 En répartissant sur les deux supports 1, 2
 les moyens 6 pour déclencher le déplacement de la
 partie magnétique mobile 4, il est plus facile de
 maîtriser son mouvement.

Une partie magnétique fixe 51 à 54 dotée de
 25 telles résistances R est réalisée dans un matériau dont
 les propriétés magnétiques dépendent de la température.
 On pourra utiliser un matériau dont le point de Curie
 est bas, par exemple inférieur ou égal à 100°C , ce
 matériau est magnétique pour une température inférieure
 30 à son point de Curie et amagnétique pour une
 température supérieure. Il est également possible

d'utiliser un matériau dont les propriétés de ferromagnétismes sont obtenues au-dessus d'une température dite de transition.

Le chauffage ne doit pas perturber les propriétés magnétiques de la partie magnétique mobile 4. On pourra par exemple réaliser l'aimant 40 de la partie magnétique mobile 4 dans un matériau dont le point de Curie est supérieur à celui des aimants 51, 52 de la partie magnétique fixe 5 ou bien l'isoler thermiquement de la partie magnétique fixe 5.

Au lieu de réaliser le chauffage par une résistance R, on peut envisager de venir irradier la partie magnétique fixe 5 avec un faisceau optique (par exemple laser ou diode infra-rouge) visant à la chauffer. Il est également possible de faire circuler directement un courant dans la partie magnétique fixe 5 pour la chauffer.

Dès que le mouvement de la partie magnétique mobile 4 a été initié, puisqu'elle part en butée par guidage magnétique contre l'un des supports amagnétiques, le chauffage peut être interrompu, il n'y a plus de consommation d'énergie. Lorsque la partie magnétique mobile 4 est en butée sur l'un des supports 1, 2, la consommation en énergie est également nulle.

Sur la figure 2, l'actionneur magnétique est une micro-vanne. Chacun des supports 1, 2 comporte un orifice 7 destiné à laisser un fluide f1, f2 pénétrer dans ou sortir de l'espace 3 entre les deux supports 1, 2. En fonction de la position de la partie magnétique mobile 4 seul un des fluides f1 ou f2 peut

pénétrer dans ou sortir de l'espace 3. La partie magnétique empêche la pénétration de l'autre fluide.

Au lieu que les moyens 6 pour déclencher le déplacement de la partie magnétique mobile 4 modifient
5 les caractéristiques magnétiques de la partie magnétique fixe 5, il est possible qu'ils créent un champ magnétique qui modifie l'équilibre magnétique établi entre la partie magnétique fixe 5 et la partie magnétique mobile 4 et par conséquent, la position
10 d'équilibre de la partie magnétique mobile 4.

La figure 3 montre, en vue de dessus, les lignes de champ magnétique qui s'établissent autour de l'aimant 40 de la partie magnétique mobile 4 dont la direction d'aimantation est schématisée par une flèche.
15 On suppose que l'aimant 4 est en butée sur le second support 2. Il a, dans cet exemple, une forme de parallélépipède rectangle et ses pôles sont situés aux extrémités de ses grands côtés.

Pour déclencher le déplacement de la partie
20 magnétique mobile 4, alors qu'elle est dans une position stable en butée contre l'un 2 des supports, il faut la soumettre à une force perpendiculaire au support (soit ici perpendiculaire à la feuille) qui est supérieure et de sens opposé à la force qui la
25 maintient en butée.

Lorsqu'on fait circuler un courant électrique dans un conducteur électrique au voisinage d'un aimant, de telle sorte que le courant soit perpendiculaire au champ magnétique, d'après la Loi de
30 Laplace, une force perpendiculaire à la fois au courant et au champ magnétique est générée. Le sens de la force

dépend du sens de circulation du courant si la direction d'aimantation de l'aimant est fixée.

Les moyens 6 pour déclencher le déplacement de la partie magnétique mobile 4 sont formés de deux conducteurs 61, 62 distincts, chacun entourant un pôle de l'aimant 40. Des flèches montrent le sens de circulation du courant I dans les conducteurs 61, 62, pour qu'une force s'applique sur l'aimant 40 visant à le décoller du second support 2.

Au lieu d'utiliser deux conducteurs 61, 62 en boucle ouverte comme sur la figure 4A, chacun à une extrémité de l'aimant 40, on aurait pu utiliser un ou plusieurs conducteurs en boucle, avec une ou plusieurs spires, pour obtenir cette même circulation de courant. On suppose que c'est le cas sur les figures 4B, 4C avec une paire de bobinages (610, 620), (630, 640) solidaires de chacun des supports 1, 2. Dans l'exemple de la figure 3, une efficacité maximum est obtenue lorsque chaque pôle de l'aimant 40 est bordé par un conducteur sensiblement en demi-cercle. Pour obtenir un effort souhaité, on ajuste le positionnement et la forme du conducteur, l'intensité du courant et son sens. Le conducteur peut être réalisé tout comme la résistance par dépôt à base de métal conducteur.

On suppose que l'actionneur magnétique de la figure 4A est un relais électrique. L'un des supports 1, 2 comporte, dans la zone de butée 10, une paire de contacts électriques C1, C2 isolés l'un de l'autre. La partie magnétique mobile 4 comporte, elle, un contact électrique C qui vient relier électriquement les deux contacts électriques C1, C2 de la paire

lorsque la partie magnétique mobile 4 est en butée contre le support 1 ainsi équipé.

La paire de contacts électriques C1, C2 est incluse dans un circuit électrique (non représenté) qui est fermé lorsque la partie magnétique mobile 4 est en butée contre le support 1 ainsi équipé et ouvert lorsque la partie magnétique mobile 4 est en butée contre l'autre support 2. L'autre support 2 ne comporte pas de partie magnétique fixe, ni de moyens pour déclencher le déplacement de la partie magnétique mobile 4.

On peut comme sur la figure 4B, placer une paire de contacts électriques C1, C2 sur chacun des supports 1, 2 et équiper les deux faces principales de la partie magnétique mobile 4 d'un contact électrique C. Suivant sa position, la partie magnétique mobile 4 ferme le circuit électrique du haut ou celui du bas.

On réalise alors un double relais électrique ou un commutateur électrique si un contact électrique de l'une des paires est relié à un contact électrique de l'autre paire.

Sur la figure 4C, on a représenté schématiquement en vue de dessus, la paire de bobinages 610, 620 et la paire d'aimants 51, 52 solidaires du premier support 1 et la partie magnétique mobile 4.

Les figures 5A, 5B montrent maintenant un actionneur magnétique ayant une fonction de relais ou commutateur optique respectivement en position de lévitation et en position stable de travail. La partie magnétique mobile 4 est dotée d'un miroir 50. Lorsque la partie magnétique mobile 4 est en butée sur le

second support 2, le miroir 50 est cantonné dans l'espace 3 entre les deux supports 1, 2. Lorsque la partie magnétique mobile 4 est en butée contre le premier support 1, le miroir 50 passe à travers une fente 501 portée par le premier support 1 et sort de l'espace 3, il surgit de l'autre côté du premier support 1. Ce miroir 50 lorsqu'il est en position haute peut alors dévier un faisceau optique qui n'est pas dévié lorsque le miroir est en position basse. Le faisceau optique n'est pas représenté pour ne pas surcharger les figures.

Sur les figures 6A, 6B, les supports 1, 2 accueillent chacun une seule pièce magnétique fixe 51, 51, au lieu de plusieurs dans les exemples précédents. Cette pièce magnétique peut entourer totalement ou partiellement la zone de butée du support. Un seul des supports aurait pu être doté d'une telle pièce magnétique.

Sur la figure 6A, qui est une coupe, on distingue deux pièces magnétiques 51, 53 sensiblement en anneau. Chaque pièce magnétique entoure une zone de butée 10, 20. Une autre différence par rapport à ce qui a été décrit précédemment est que la partie magnétique mobile 4 est maintenant sensiblement cylindrique. Les moyens 6 pour déclencher le déplacement de la partie magnétique mobile 4 prennent, dans l'exemple de la figure 6A, la forme d'une bobine dont l'axe de bobinage est parallèle à celui de la partie magnétique mobile 4. La direction d'aimantation des parties magnétiques fixe et mobile est la même, mais au lieu d'être dans le plan des supports 1, 2 sensiblement perpendiculaires au

déplacement comme dans les exemples précédemment, elle est sensiblement perpendiculaire au plan des supports et sensiblement parallèle au déplacement.

Dans cet exemple, les parties magnétiques fixes 51, 53 sont encastrées dans les supports 1,2 et dans les zones de butée 10, 20, les supports sont amincis.

Sur la figure 6B, on distingue, solidaire du support 1, une pièce magnétique 51 sensiblement en U. Elle est encastrée du côté de sa face supérieure. Une autre pièce magnétique 53 est solidaire de l'autre support 2. On suppose qu'elle est également sensiblement en forme de U. Cette seconde pièce magnétique 53 aurait pu être omise. Dans cet exemple également l'un des supports 1, 2 est aminci au niveau d'une zone de butée 10. Les moyens 6 pour déclencher le déplacement de la partie magnétique mobile 4 sont solidaires du support 1.

L'actionneur magnétique selon l'invention peut avoir une fonction de positionneur. Les moyens 6 pour déclencher le déplacement de la partie magnétique mobile servent alors également pour maintenir la partie magnétique mobile 4 dans une position fixe en lévitation. Au lieu d'envoyer une impulsion de courant dans les conducteurs 61 à 64, on peut asservir le courant en fonction de la position de la partie magnétique mobile 4. La figure 7 illustre cette variante.

On peut utiliser un dispositif 65 qui détecte la position de la partie magnétique mobile 4. Le signal délivré par ce dispositif est comparé à une

consigne K dans un comparateur 66 et le résultat de la comparaison sert à commander une source d'alimentation 67 prévue pour alimenter les conducteurs 61 à 64. Le dispositif 65 qui détecte la position de la partie magnétique mobile 4 peut prendre la forme de deux capteurs capacitifs 65.1, 65.2 localisés chacun sur un des supports 1, 2. Ils mesurent les capacités entre le support concerné 1, 2 et la partie magnétique mobile 4. Un dispositif différentiateur 65.3 reçoit les signaux en provenance des deux capteurs capacitifs 65.1, 65.2, en fait la différence et délivre le signal représentatif de la position de la partie magnétique mobile 4 au comparateur 66.

On pourra utiliser pour réaliser la partie magnétique fixe 5, des matériaux magnétiques doux, des matériaux magnétiques durs, des matériaux magnétiques à hystérésis, des matériaux diamagnétiques, des matériaux supra-conducteurs, ces matériaux étant pris seuls ou en combinaison. Les matériaux magnétiques doux tels que le fer, le nickel, des alliages fer-nickel, fer-cobalt, fer-silicium, s'aimantent en fonction d'un champ inducteur auquel ils sont soumis. Les matériaux magnétiques durs correspondent aux aimants tels que les aimants en ferrite, les aimants au samarium-cobalt, les aimants néodyme-fer-bore, les aimants platine-cobalt. Leur aimantation dépend peu du champ magnétique extérieur. Les matériaux à hystérésis, par exemple de type aluminium-nickel-cobalt (AlNiCo), ont des propriétés qui se situent entre celles des matériaux magnétiques doux et celles des matériaux magnétiques durs. Ils sont sensibles au champ magnétique dans

lequel ils se trouvent. Quant aux matériaux diamagnétiques tels que le bismuth ou le graphite pyrolitique, leur aimantation est colinéaire au champ magnétique inducteur mais de sens opposé. Les matériaux supra-conducteurs pourraient être des alliages nobium-titane (NbTi), yttrium-barium-cuivre-oxygène (YBaCuO) par exemple.

La partie magnétique mobile 4 peut être réalisée par exemple, en ferrite, en samarium-cobalt, en néodyme-fer-bore, en platine-cobalt.

Les matériaux magnétiques à point de Curie bas qui conviennent pour réaliser la partie magnétique fixe 5 sont par exemple les alliages manganèse-arsenic (MnAs), cobalt-manganèse-phosphore (CoMnP), erbium-fer-bore (ErFeB). Les alliages fer-rhodium (FeRh) conviennent également pour la partie magnétique fixe 5, ils deviennent ferro-magnétiques au-dessus d'une température de transition. Cette transition est franche et donc nécessite que peu d'énergie d'échauffement. La température de transition peut être ajustée en adaptant la composition chimique de l'alliage.

Plusieurs actionneurs magnétiques ainsi décrits peuvent partager au moins un support commun. On peut se référer aux figures 8A, 8B.

Sur la figure 8A, les différents actionneurs sont des relais optiques comme ceux des figures 5A, 5B, ils sont disposés en matrice M et leur premier support 1 est commun à tous. On obtient ainsi un multiplexeur optique. Les actionneurs magnétiques ne sont visibles que par leur miroir 50 lorsqu'il émerge de l'espace entre les deux supports, sinon leur

position est matérialisée par la fente 501. Ils sont à la croisée entre n conducteurs de colonnes $i1$ à $i5$ et m conducteurs de lignes $j1$ à $j5$ (n et m sont des entiers, n et m peuvent être différents ou non). De cette manière, des signaux se propageant sur une nappe formée des n conducteurs de colonnes $i1$ à $i5$ peuvent être commutés vers les m conducteurs de lignes $j1$, $j2$, $j3$, $j4$, $j5$. Ces signaux peuvent être des signaux électriques ou optiques en fonction de la nature des actionneurs. Les conducteurs de lignes et de colonnes peuvent être des conducteurs électriques, des fibres optiques ou bien simplement des faisceaux optiques. Du fait de la bistabilité des actionneurs de la matrice M , cette dernière peut être programmée et garder sa configuration sans qu'il soit nécessaire de l'alimenter électriquement. Les actionneurs A peuvent être regroupés en une matrice particulière B comme sur la figure 8B avec un conducteur de ligne $i1$ et plusieurs conducteurs de colonne $j1$ à $j3$. En connectant un bus sur le conducteur de ligne $i1$, les signaux qu'il véhicule peuvent être orientés vers les différents conducteurs de colonne $j1$ à $j3$ en fonction de l'état des différents actionneurs A . On suppose que dans cette configuration les actionneurs sont des relais électriques comme celui de la figure 4A.

On va maintenant décrire un exemple d'actionneur magnétique selon l'invention en donnant des caractéristiques géométriques et en expliquant une méthode possible pour positionner ses parties magnétiques fixes et mobiles. L'actionneur magnétique est représenté sur la figure 9A.

Une valeur minimale de la force F_z qui s'applique sur la partie magnétique mobile 4 pour la maintenir plaquée en butée contre l'un des supports 1, 2 est imposée pour que l'actionneur puisse avoir, par exemple, une résistance aux chocs suffisante. On cherche à ce que la partie magnétique mobile 4 prenne toujours la même position stable et centrée par rapport à la partie magnétique fixe 5 lorsqu'elle arrive en butée contre l'un des supports 1, 2. On ne veut pas lors du déplacement, que la partie magnétique mobile 4 devie selon l'axe x ou selon l'axe y . Les axes x , y et z sont représentés sur la figure. Si on la décale selon la direction x ou selon la direction y , la partie magnétique mobile 4 doit s'opposer à ce déplacement et reprendre sa position stable et centrée dans la zone de butée 10, 20. La partie magnétique mobile doit présenter une bonne stabilité latérale en position haute ou basse.

Les inventeurs se sont aperçus que pour une partie magnétique fixe 5 et une partie magnétique mobile 4 de caractéristiques données, pour une force F_z de maintien contre l'un des supports 1, 2 donnée, pour obtenir cette position stable et centrée, il fallait ajuster correctement, à la fois l'intervalle séparant, selon x , la partie magnétique fixe de la partie magnétique mobile et l'intervalle gap_z séparant, selon z , la partie magnétique fixe 4 de la partie magnétique mobile 5, lorsque la partie magnétique mobile est en butée contre le support 1.

On suppose que dans cet exemple, illustré à la figure 9A, la partie magnétique fixe 5 est répartie

sur les deux supports et qu'elle comporte deux paires d'aimants identiques (51, 52), (53, 54). La partie magnétique mobile 4 comporte elle un aimant 40. On suppose pour simplifier que les directions
 5 d'aimantation de tous les aimants sont colinéaires et de même sens. Il est bien sûr possible que ce ne soit pas le cas mais le positionnement des aimants devient plus compliqué.

Les moyens pour déclencher le déplacement
 10 de l'aimant mobile ne sont pas représentés pour ne pas surcharger la figure.

On commence par choisir les dimensions des aimants, leur aimantation et la course de l'aimant mobile. Ce choix est conditionné notamment par
 15 l'encombrement global que doit avoir l'actionneur magnétique. On positionne arbitrairement l'une des paires d'aimants fixes 51, 52 et l'aimant mobile 40 par rapport à cette paire d'aimants fixes. On détermine des valeurs initiales de sep et gapz. A l'aide de la
 20 méthode décrite dans l'article « 3D analytical calculation of the forces between two cuboidal magnets, JAKOUN Gilles and Yvonnet Jean-Paul, vol. MAG-20, n°5, september 1984 », on calcule les forces F_x , F_y , F_z qui s'appliquent sur l'aimant mobile 40. On peut alors
 25 déterminer la force F_z qui s'applique sur l'aimant mobile 40 lorsqu'il est en butée sur le premier support 1. Si la force F_z n'est pas dans la plage imposée, on modifie sep et/ou gapz et/ou les caractéristiques géométriques des aimants et/ou leur aimantation pour
 30 ajuster sa valeur. Plus on diminue gapz et sep plus la force F_z augmente. On peut rapprocher les deux aimants

fixes et/ou réduire l'épaisseur du support 1 puisque, dans cet exemple, les aimants fixes 51, 52 sont placés d'un côté du support 1 et l'aimant mobile 40 en butée de l'autre côté du support 1. Au contraire, l'épaississement du support 1 réduit la force F_z .
 5 Lorsque'une valeur convenable de F_z a été atteinte, il faut ensuite déterminer si le couple de valeurs sep , gap_z qui donne la force F_z convenable, conduit à une position stable et centrée en butée. On va alors
 10 déterminer la valeur de la force F_x en fonction de sa position selon x et la valeur de la force F_y en fonction de sa position selon y . En effet, il ne suffit pas qu'en butée, on ait $F_x=0$ avec $x=0$ et $F_y=0$ avec $y=0$, il faut également que la pente de la courbe $F_x(x)$ soit
 15 décroissante pour $x=0$ et que la pente de la courbe $F_y(y)$ soit décroissante pour $y=0$. Ce sont ces pentes décroissantes qui conditionnent la stabilité.

Avec le couple de valeurs sep et gap_z qui donne une force F_z convenable, on vérifie les
 20 conditions de stabilité en x et en y . Si l'une des deux conditions n'est pas respectée, on ajuste l'une au moins des valeurs de sep et gap_z . On recommence à calculer, comme le montre l'organigramme de la figure 9B, F_z , F_x et F_y comme décrit précédemment en ajustant
 25 sep et gap_z jusqu'à ce que l'on obtienne un couple de valeurs satisfaisant.

Si la force F_z de maintien sur l'autre support 2 est identique, on disposera les aimants 53, 54 de l'autre paire avec les mêmes intervalles sep et
 30 gap_z .

On peut imposer que la valeur de la force maintien F_z soit différente d'un support à l'autre. On recommence les mêmes calculs pour positionner l'autre paire d'aimants fixes 53, 54 par rapport à l'aimant mobile 40 pour obtenir une force F_z convenable et les conditions de stabilité, lorsque l'aimant mobile 40 est en butée sur l'autre support 2.

Sur l'organigramme, on a ajusté sep et gap_z à partir de F_x et ensuite à partir de F_y . Il est bien sûr possible de faire l'inverse. Il aurait également été possible de modifier les caractéristiques géométriques et magnétiques des aimants.

A titre d'exemple, des essais ont été faits avec des aimants fixes 51 à 54 ayant un volume de $60 \times 40 \times 5$ micromètres au cube, un aimant mobile 40 de $160 \times 40 \times 5$ micromètres au cube et une aimantation de 0,6 T. Le poids de la partie magnétique mobile vaut environ $2 \cdot 10^{-8}$ N, la force F_z de maintien en position stable de l'aimant mobile contre le premier support 1 vaut environ $4 \cdot 10^{-7}$ N. Les efforts fournis par les moyens pour déclencher le déplacement de la partie magnétique mobile valent quelques 10^{-6} N, le temps de commutation est de quelques milli secondes et la course de la partie magnétique mobile de 200 micromètres.

On s'aperçoit, dans ce cas particulier, qu'il faut que la relation suivante soit vérifiée pour obtenir la position stable:

$Gap_z + h$ supérieur à $D \cdot sep$ avec h hauteur des aimants fixes et mobile et D compris entre 1 et 1,5.

Les figures 9C, 9D montrent des variations de la force F_x en fonction de x lorsque l'actionneur possède la position stable recherchée et lorsqu'il ne la possède pas.

5 La position stable a été obtenue avec:

gapz = 7 micromètres

sep = 5 micromètres.

Une position instable a été obtenue avec :

gapz = 7 micromètres

10 sep = 10 micromètres.

On va maintenant décrire un exemple de procédé de réalisation, en microtechnologie, d'un actionneur selon l'invention. La partie magnétique fixe 5 de l'actionneur comporte deux paires d'aimants (51, 52), (53, 54), l'une solidaire du premier support 1 et l'autre solidaire du second support 2. La partie magnétique mobile 4 de l'actionneur comporte un aimant 40 solidaire d'une face d'une base 41, cette base 41 porte sur son autre face un miroir 50. Les moyens 6 pour déclencher le déplacement de la partie magnétique mobile 4 sont réalisés par deux paires de conducteurs (61, 62), (63, 64), chaque paire étant solidaire d'un des supports 1, 2. Sur les figures on ne voit qu'un seul actionneur, mais l'avantage de ce procédé est de pouvoir en réaliser plusieurs en même temps, ils partagent tous au moins un support en commun.

On part d'un premier substrat 90 amagnétique, par exemple en matériau semi-conducteur tel que le silicium ou l'arséniure de gallium (figure 30 10A). Ce premier substrat 90 après traitement va conduire au premier support 1 amagnétique, celui du

haut. On dépose sur le silicium une couche sacrificielle 91 par exemple en titane. Cette couche sacrificielle 91 va servir à délimiter la base 41 de la partie magnétique mobile 40. On la grave pour ne
5 laisser qu'un cadre 910 suivant le périmètre de la base (figure 10B). Ce cadre 910 est appelé par la suite cadre sacrificiel.

On dépose sur le premier substrat 90, au-dessus du cadre sacrificiel 910, une première couche
10 diélectrique 92 par exemple en oxyde de silicium qui va servir à la réalisation de l'une des paires d'aimants 51, 52 de la partie magnétique fixe 5 (figure 10C). Cette première couche diélectrique 92 est ensuite planarisée.

On délimite la géométrie de la paire d'aimants 51, 52 par photolithographie. On utilise pour cela une résine (non référencée). On grave dans la première couche diélectrique 92 des caissons 93 pour la
15 paire d'aimants 51, 52 (figure 10D). Les caissons sont situés de part et d'autre du cadre sacrificiel 910. La gravure peut être une gravure sèche. La gravure s'arrête sur le premier substrat 90. On ôte la résine. On dépose les aimants 51, 52 dans les caissons 93
20 (figure 10E). Ce dépôt peut se faire par voie électrolytique. Le matériau employé peut être du cobalt-platine. On effectue une étape de planarisation des aimants fixes.

On dépose ensuite sur la première couche diélectrique 92 une seconde couche diélectrique 94 par
30 exemple en oxyde de silicium dans laquelle vont se trouver la paire de conducteurs et l'aimant de la

partie magnétique mobile (figure 10F.) Après planarisation de cette seconde couche diélectrique 94, on délimite la géométrie des conducteurs et de l'aimant de la partie magnétique mobile par photolithographie.

5 On utilise pour cela une résine (non représentée). On grave dans la seconde couche diélectrique 94 un caisson 95 pour l'aimant de la partie magnétique fixe et des caissons 96 pour les conducteurs de la paire (figure 10G). Les caissons 96 pour les conducteurs se trouvent
10 de part et d'autre du caisson 95 pour l'aimant de la partie magnétique mobile. Les caissons 96 pour les conducteurs se trouvent sensiblement au-dessus des aimants 51, 52 de la paire. La gravure peut être une gravure sèche.

15 On dépose dans le caisson 95 approprié l'aimant 40 de la partie magnétique mobile. On termine par une étape de planarisation de l'aimant 40 (figure 10H).

On dépose dans les caissons 96 appropriés
20 les conducteurs 61, 62. On termine par une étape de planarisation des conducteurs 61, 62. Ce dépôt peut se faire par voie électrolytique avec du cuivre (figure 10H).

On grave une ou plusieurs tranchées 97 dans
25 les deux couches diélectriques 92, 94 jusqu'à atteindre le cadre sacrificiel 910. Ces tranchées délimitent les flancs de la base de l'aimant mobile 40 (figure 10I). Cette gravure peut être une attaque chimique. Ces tranchées 97 peuvent configurer les flancs de la base
30 avec les reliefs des moyens de centrage.

On part d'un second substrat 100 amagnétique, en matériau semi-conducteur, tel que le silicium, recouvert d'une première couche diélectrique 101, par exemple en oxyde de silicium. Ce second substrat 100 après traitement va conduire au second support 2 amagnétique celui du bas. On peut utiliser par exemple un substrat en silicium massif que l'on oxyde ou utiliser directement un substrat SOI.

Dans la première couche diélectrique 101, on grave des caissons 102 devant accueillir l'autre paire d'aimants de la partie magnétique fixe (figure 11A). La gravure s'arrête sur le second substrat 100. On dépose la seconde paire d'aimants 53, 54 de la même manière que la première paire. On termine par une étape de planarisation des aimants (figure 11B).

On dépose ensuite une seconde couche diélectrique 103, par exemple en oxyde de silicium, sur la première couche 101, cette seconde couche diélectrique 103 devant accueillir les conducteurs de la seconde paire de conducteurs. On grave, dans cette seconde couche diélectrique 103, des caissons 104 pour les conducteurs de la seconde paire de conducteurs (figure 11C). On dépose les conducteurs 63, 64 dans les caissons 104 de la même manière que pour le premier substrat. On termine par une étape de planarisation des conducteurs 63, 64 (figure 11D).

On assemble ensuite le premier substrat 90, tel qu'obtenu à la figure 10I, en le retournant, au second substrat 100 tel qu'obtenu à la figure 11D, en intercalant entre les deux des entretoises 110 diélectriques qui contribuent à délimiter un espace 3

dans lequel la partie magnétique mobile va pouvoir se déplacer (figure 12A). Lors de cet assemblage qui se fait par collage, les couches diélectriques 92, 94 et 101, 103 se font face alors que les substrats semi-conducteurs 90, 100 sont opposés. On s'arrange pour que les aimants 51, 52 et 53, 54 des deux paires soient alignés deux à deux et pour que les conducteurs 61, 62 et 63, 64 des deux paires soient alignés deux à deux.

Ce premier substrat 90 semi-conducteur permet de réaliser le miroir 50. Son épaisseur, qui peut être ajustée, va correspondre à la hauteur du miroir 50. On réalise une gravure d'une ou plusieurs tranchées 111 dans le premier substrat 90 semi-conducteur pour délimiter les flancs du miroir 50 et former la fente dans laquelle il se glissera lorsque la partie magnétique mobile sera plaquée contre le premier support. Cette gravure s'arrête sur la première couche diélectrique 92. On élimine ensuite par gravure le cadre sacrificiel 910, ce qui conduit à libérer la base 41 de l'aimant mobile 40 et du miroir 50 (figure 12B). De part et d'autre du miroir, on réalise un amincissement du premier substrat pour que le miroir en position haute dépasse au-dessus du substrat qui l'entoure et qu'il soit caché en position basse. L'aimant 40 et sa base 41 sont aptes à se déplacer dans l'espace 3.

On s'est assuré au préalable que les aimants 40, 51 à 54 sont aimantés convenablement car sinon on n'obtiendrait pas d'interaction appropriée entre l'aimant mobile 40 et les paires d'aimants 51, 52 et 53, 54 de la partie magnétique fixe 5. S'il faut

intervenir, l'aimantation peut se faire en faisant circuler un courant dans les conducteurs 61 à 64.

Dans le cas où la partie magnétique fixe 5 et les moyens 6 pour déclencher le déplacement de la partie magnétique mobile sont portés par le premier support 1 seul, on réalise les étapes des figures 10 sur le premier substrat mais pas les étapes de figures 11. On se borne à assembler au premier substrat, tel qu'obtenu à la figure 10I, un second substrat amagnétique diélectrique 120 par exemple en oxyde de silicium, en insérant entre les deux les entretoises 110 (figure 13A). On réaliserait le miroir 50 et la libération de la partie magnétique mobile 4 comme décrit précédemment à la figure 12B (figure 13B).

On pourrait envisager aisément la fabrication de tels actionneurs, en microtechnologie avec un procédé similaire, en partant de substrats diélectriques en verre, céramique ou matière plastique par exemple.

L'actionneur magnétique selon l'invention, s'il occupe un volume supérieur à environ un centimètre cube, risque d'être sensible à l'environnement extérieur tel que les vibrations ou les chocs. Ses performances risquent de ne pas être optimales dans de tels environnements perturbés. En revanche, contre toute attente, avec des dimensions plus faibles, ses performances sont grandement améliorées quel que soit l'environnement. L'interaction entre la partie magnétique mobile et la partie magnétique fixe est favorable et n'apporte pas de dégradation des

performances comme dans le cas d'un actionneur plus volumineux.

Les caractéristiques principales d'un actionneur selon l'invention sont de posséder une
5 vitesse de déplacement relativement élevée, une capacité à exercer des forces massiques importantes et des déplacements importants relativement à sa taille. La partie magnétique mobile en position stable en butée contre l'un des substrats résiste aux chocs.
10 L'actionneur consomme très peu d'énergie et seulement au cours des déplacements de la partie magnétique mobile et pas en position stable lorsque la partie magnétique mobile est en butée contre l'un des substrats.

15 Le fait que le déplacement de la partie magnétique mobile se fasse sensiblement perpendiculairement aux supports est très intéressant dans les applications matricielles. La surface de telles matrices peut être relativement faible comparée
20 au nombre de parties mobiles. C'est aussi intéressant dans toutes les applications avec du fluide.

Bien que plusieurs modes de réalisation de la présente inventions aient été représentés et décrits de façon détaillée, on comprendra que différents
25 changements et modifications puissent être apportés sans sortir du cadre de l'invention. L'aimantation de la partie magnétique fixe et celle de la partie magnétique mobile ont été représentées de même direction. Il est possible que cela ne soit pas le cas.
30 Cette direction suit les grands côtés des aimants qui sont en parallélépipède rectangle.

REVENDICATIONS

1. Actionneur magnétique comportant une
partie magnétique mobile (4), une partie magnétique
5 fixe (5) et des moyens (6) pour déclencher le
déplacement de la partie magnétique mobile (4) par
rapport à la partie magnétique fixe (5), caractérisé en
ce qu'il comporte deux supports (1, 2) magnétiques,
placés dans des plans différents, délimitant entre eux
10 un espace (3), la partie magnétique fixe (5) étant
solidaire d'au moins un des supports (1, 2), les
supports (1, 2) présentant chacun une zone de butée
(10, 20) pour la partie magnétique mobile (4), la zone
de butée (10, 20) et la partie magnétique fixe (5)
15 étant distinctes, et en ce que la partie magnétique
mobile (4) est en lévitation dans l'espace (3) entre
les deux supports (1,2) grâce à un guidage magnétique
dû à la partie magnétique fixe (4), lorsqu'elle n'est
pas en butée contre la zone de butée (10, 20) de l'un
20 des supports (1, 2).

2. Actionneur magnétique selon la
revendication 1, caractérisé en ce que la partie
magnétique mobile (4) comporte un aimant (40).
25

3. Actionneur magnétique selon l'une des
revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que la partie
magnétique fixe (5) comporte au moins une pièce
magnétique (51, 52, 53, 54).
30

4. Actionneur magnétique selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la partie magnétique fixe comporte au moins une paire de pièces magnétiques ((51,52), (53,54)) sur un support (1, 2).

5

5. Actionneur magnétique selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que la partie magnétique mobile (4) et au moins un des supports (1, 2) comportent des moyens de centrage (8) pour centrer
10 la partie magnétique mobile (4) sur la zone de butée (10, 20) dudit support.

6. Actionneur magnétique selon la revendication 5, caractérisé en ce que les moyens de
15 centrage (8) sont des reliefs (80, 81) sensiblement en forme de biseau, portés à la fois par le support (1, 2) et la partie magnétique mobile (4), ces reliefs (80, 81) ayant des formes conjuguées.

20

7. Actionneur magnétique selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que la partie magnétique fixe (5) contribue à délimiter au moins une des zones de butée (10).

25

8. Actionneur magnétique selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que les moyens (6) pour déclencher le déplacement de la partie magnétique mobile (4) sont portés par au moins un des supports (1, 2).

30

9. Actionneur magnétique selon la revendication 8, caractérisé en ce que les moyens (6) pour déclencher le déplacement de la partie magnétique mobile (4) ont un effet magnétique.

5

10. Actionneur selon la revendication 9, caractérisé en ce que les moyens (6) pour déclencher le déplacement de la partie magnétique mobile sont des moyens de chauffage (R) de la partie magnétique fixe (5).

10

11. Actionneur magnétique selon la revendication 10, caractérisé en ce que les moyens (6) pour déclencher le déplacement de la partie magnétique mobile (4) créent un champ magnétique au voisinage de la partie magnétique mobile (4).

15

12. Actionneur magnétique selon la revendication 11, caractérisé en ce que les moyens (6) pour déclencher le déplacement de la partie magnétique mobile (4) sont réalisés par au moins un conducteur (61, 62, 63, 64), au voisinage de la partie magnétique mobile (4), ce conducteur étant apte à être parcouru par un courant électrique.

20

25

13. Actionneur selon la revendication 12, caractérisé en ce qu'il comporte des moyens (65, 66, 67) pour asservir le courant à faire circuler dans le conducteur (61, 62, 63, 64) à la position de la partie magnétique mobile (4) de manière à ce qu'elle puisse

30

prendre une pluralité de positions stables en lévitation.

14. Actionneur selon l'une des
5 revendications 1 à 7, caractérisé en ce que les moyens
(6) pour déclencher le déplacement de la partie
magnétique mobile sont des moyens pneumatiques ou
hydrauliques (f).

10 15. Actionneur magnétique selon l'une des
revendications 1 à 14, caractérisé en ce que la partie
magnétique fixe (5) est réalisée dans un matériau
choisi dans le groupe des matériaux magnétiques doux,
des matériaux magnétiques durs, des matériaux à
15 hystérésis, des matériaux supra conducteurs, des
matériaux diamagnétiques, ces matériaux étant pris
seuls ou en combinaison.

16. Actionneur magnétique selon l'une des
20 revendications 1 à 15, caractérisé en ce que
l'aimantation de la partie magnétique fixe (5) et celle
de la partie magnétique mobile (4) sont dirigées dans
une même direction.

25 17. Actionneur magnétique selon l'une des
revendications 1 à 16, caractérisé en ce qu'au moins
une zone de butée (10) comporte une paire de contacts
(C1, C2) électriques et en ce que la partie magnétique
mobile (4) comporte au moins un contact électrique (C),
30 la partie magnétique mobile (4) venant relier les deux

contacts électriques (C1, C2) de la paire de contacts lorsqu'elle est en butée contre la zone de butée (10).

18. Actionneur magnétique selon l'une des
5 revendications 1 à 16, caractérisé en ce que l'un au moins des supports (1, 2) comporte dans la zone de butée (10), un orifice (7) d'admission de fluide (f).

19. Actionneur magnétique selon l'une des
10 revendications 1 à 16, caractérisé en ce que la partie magnétique mobile (4) comporte un miroir (50) destiné à passer à travers une fente (501) de l'un des supports (1).

20. Actionneur magnétique selon l'une des
15 revendications 1 à 19, caractérisé en ce que les supports (1, 2) sont réalisés à base de matériau semi-conducteur, de matériau diélectrique ou de matériau conducteur, ces matériaux étant pris seuls ou en combinaison.

20

21. Matrice d'actionneurs magnétiques caractérisée en ce qu'elle comporte une pluralité d'actionneurs magnétiques selon l'une des revendications 1 à 20, ces actionneurs magnétiques
25 partageant au moins un même support (1).

22. Procédé de réalisation d'un actionneur magnétique, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes :

30 sur un premier substrat (90) amagnétique réalisation d'un cadre sacrificiel (910) suivant le

contour d'une base (41) d'une partie magnétique mobile (4),

dépôt d'une première couche diélectrique (92) sur le premier substrat (90) et réalisation d'au moins un caisson (93) apte à recevoir une partie magnétique fixe (51, 52),

dépôt dans le caisson (93) de la partie magnétique fixe (51, 52),

dépôt d'une seconde couche diélectrique (94) sur la première couche diélectrique (92) et réalisation de caissons (95, 96) aptes à recevoir la partie magnétique mobile (4) et au moins un conducteur (61, 62) de moyens (6) pour déclencher le déplacement de la partie magnétique mobile (4),

dépôt dans les caissons (95, 96) de la partie magnétique mobile (4) et du conducteur (61, 62),

gravure dans les couches diélectriques (92, 94) d'une ou plusieurs tranchées (97) atteignant le cadre sacrificiel (910),

assemblage du premier substrat (90) retourné sur un second substrat (100, 120) amagnétique en insérant entre eux au moins une entretoise (111) délimitant un espace (3) entre les deux substrats (90, 100), cet espace (3) étant destiné au déplacement de la partie magnétique mobile (4),

gravure du premier substrat (90) et retrait du cadre sacrificiel (910) pour libérer la partie magnétique mobile (4) et la base (41).

23. Procédé selon la revendication 22 caractérisé en ce qu'il comporte, avant l'assemblage

des deux substrats (90, 100), une étape de réalisation dans une première couche diélectrique (101) sur le second substrat (100) d'au moins un caisson (102) apte à recevoir la partie magnétique fixe (53, 54),

5 dépôt dans le caisson (102) de la partie magnétique fixe (53, 54),

 dépôt d'une seconde couche diélectrique (103) sur la première couche diélectrique (101) et réalisation d'au moins un caisson (104) apte à recevoir
10 au moins un conducteur (63, 64) des moyens (6) pour déclencher le déplacement de la partie magnétique mobile (4),

 dépôt dans le caisson (104) du conducteur (63, 64).

15

 24. Procédé selon l'une des revendications 22 ou 23, caractérisé en ce qu'il comporte une étape d'aimantation de la partie magnétique mobile (4) et éventuellement de la partie magnétique fixe (5) avant
20 l'étape de libération de la partie magnétique mobile (4).

 25. Procédé selon l'une des revendications 22 à 24, caractérisé en ce que le premier substrat (90)
25 est aminci avant l'étape de gravure du premier substrat, la partie gravée ayant une fonction de miroir (50).

 26. Procédé selon l'une des revendications
30 22 à 25, caractérisé en ce que le premier substrat (90)

est réalisé à base de matériau semi-conducteur ou diélectrique.

27. Procédé selon l'une des revendications
5 22 à 26, caractérisé en ce que le second substrat (100)
est réalisé à base de matériau semi-conducteur ou diélectrique.

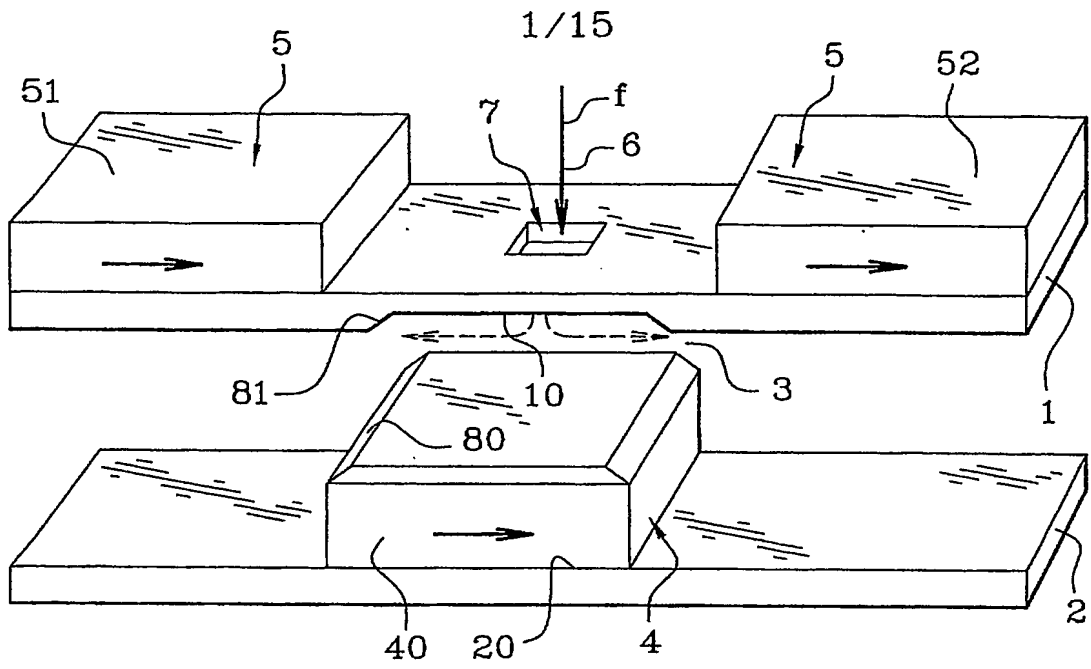


Fig. 1A

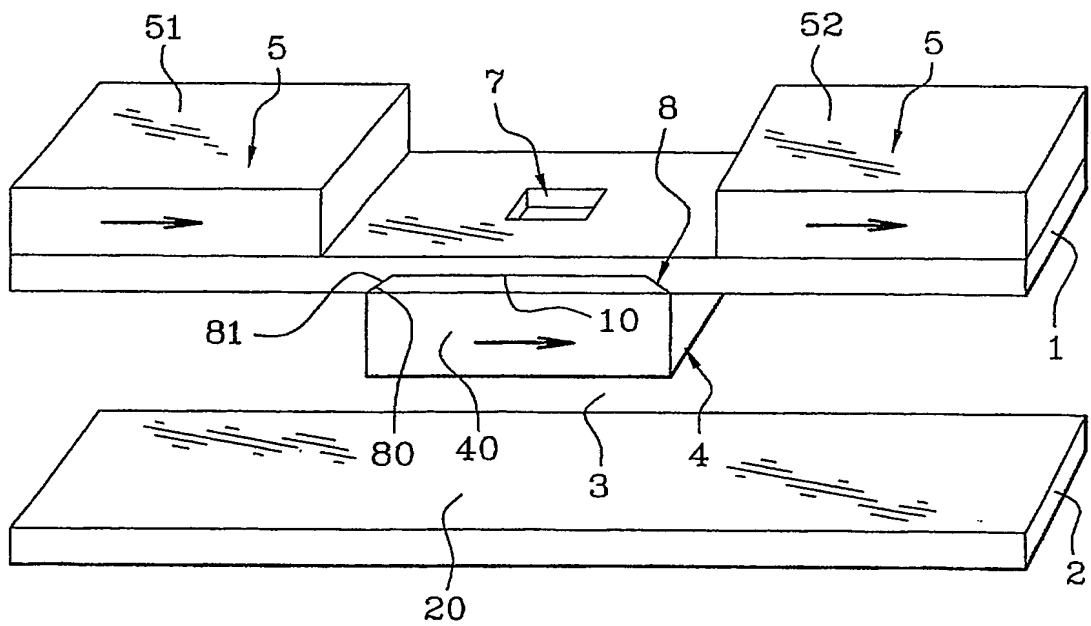


Fig. 1B

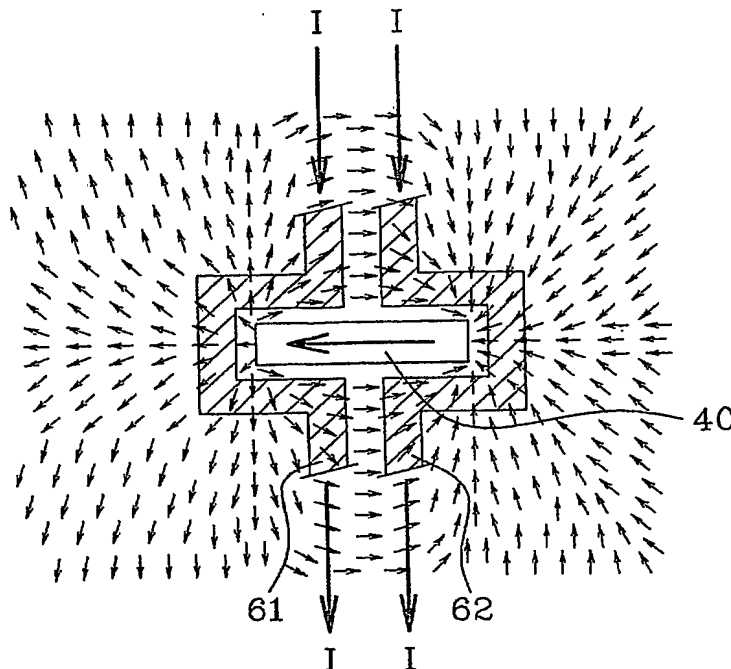
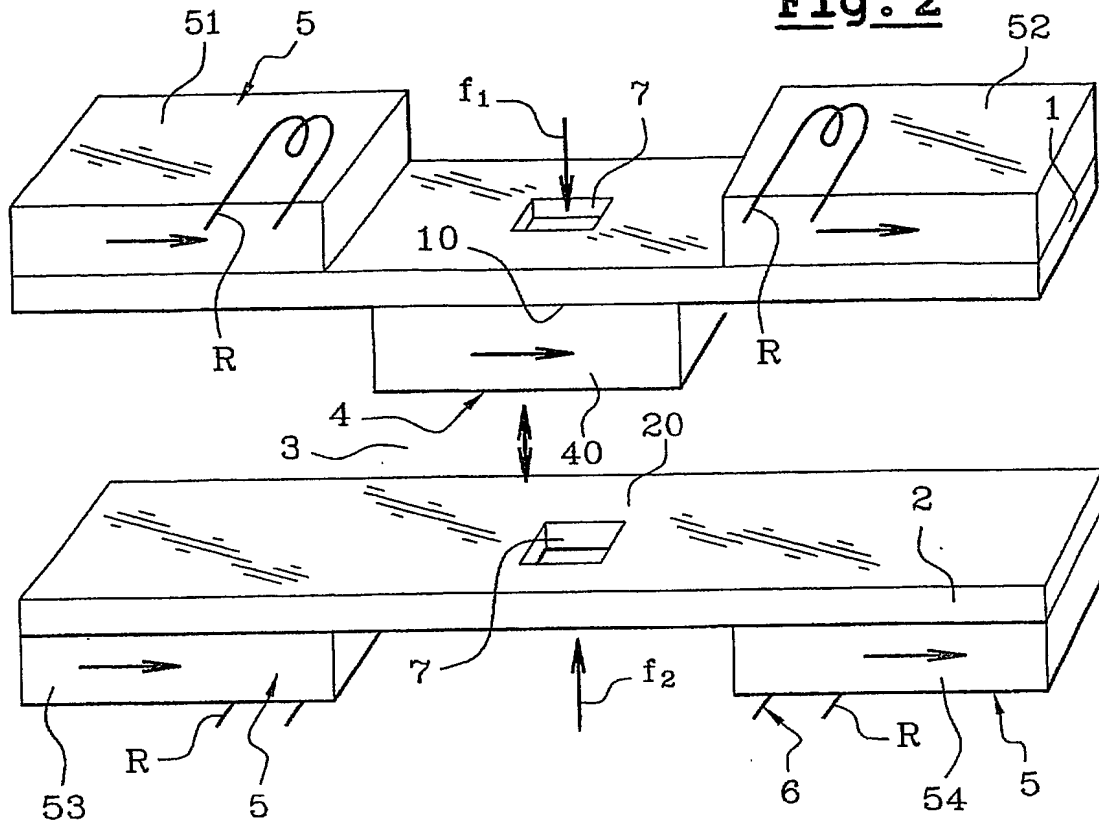
Fig. 2**Fig. 3**

Fig. 5A

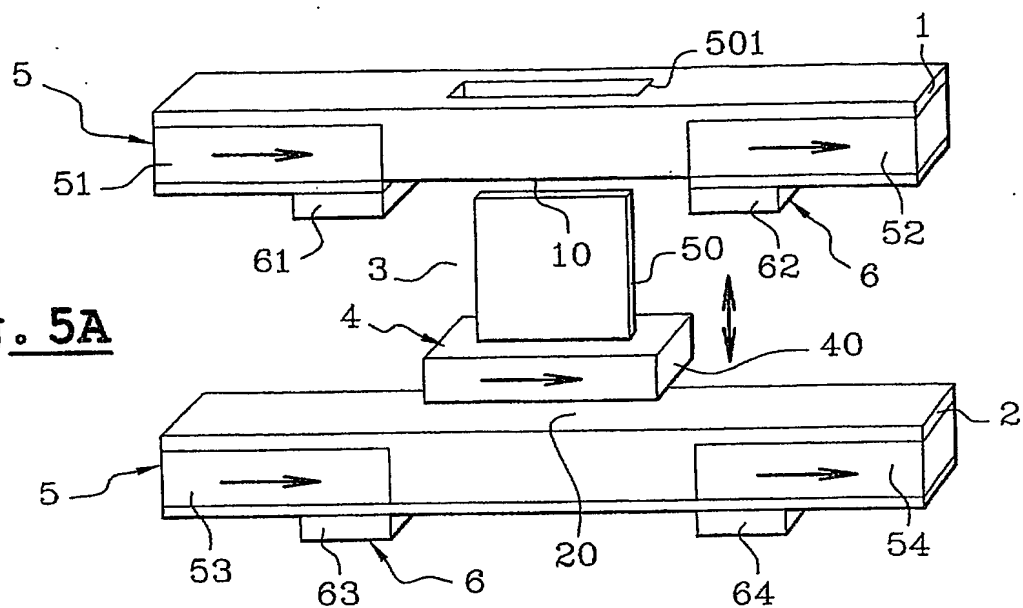
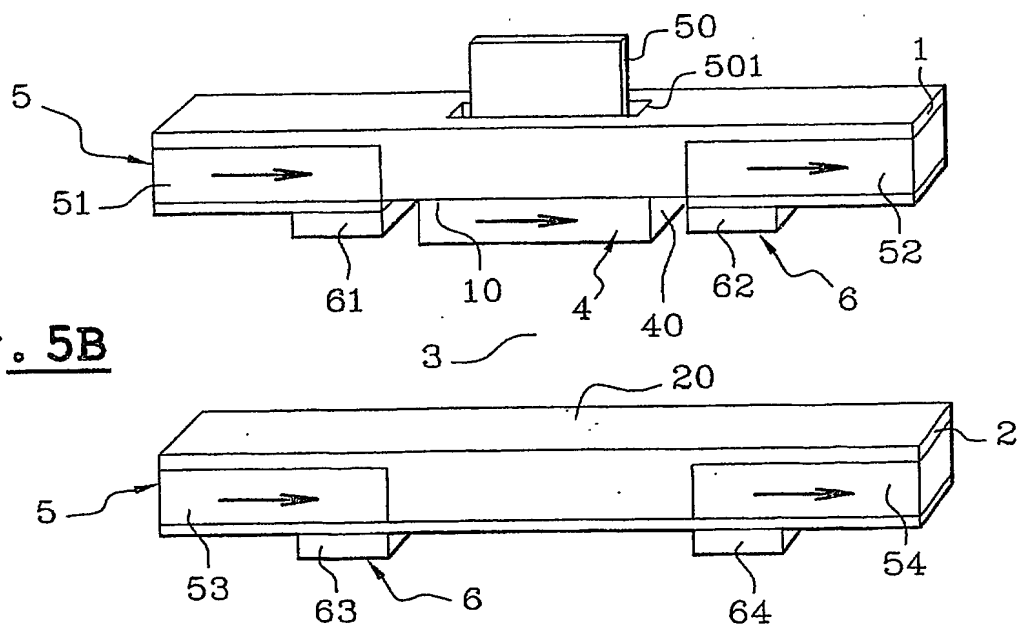


Fig. 5B



5/15

Fig. 6A

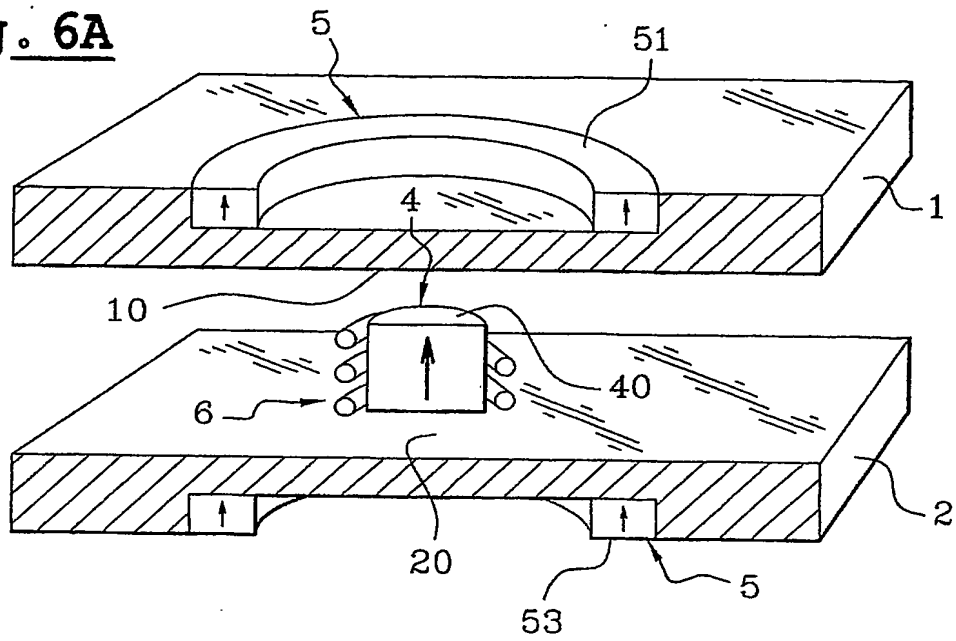
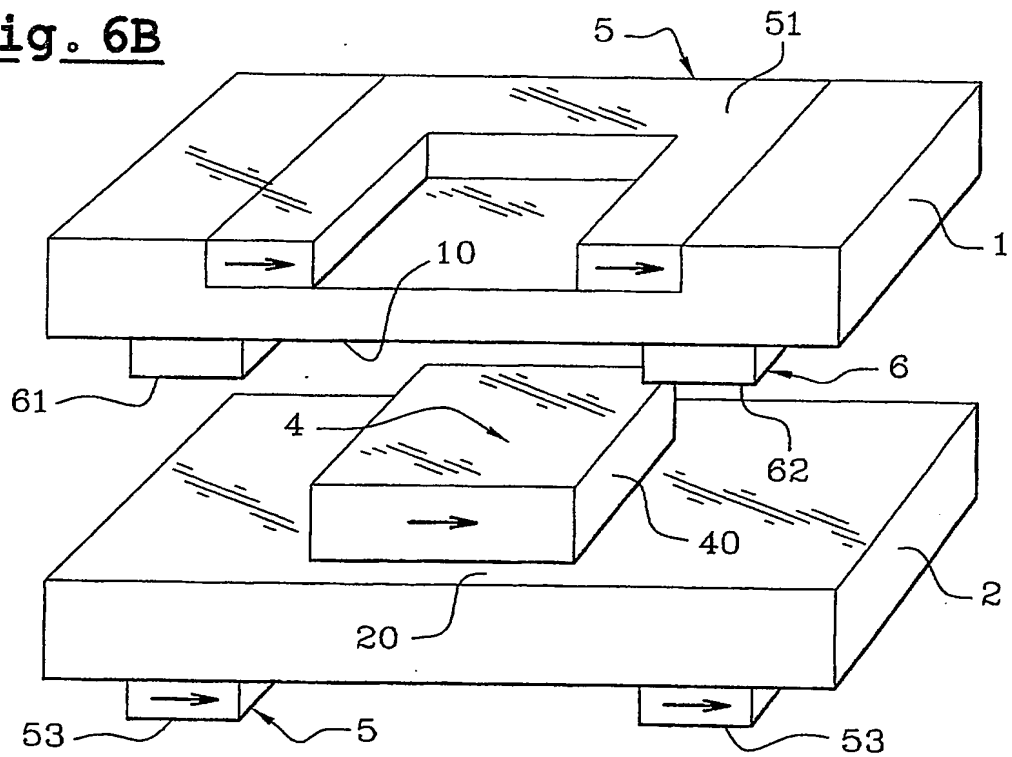
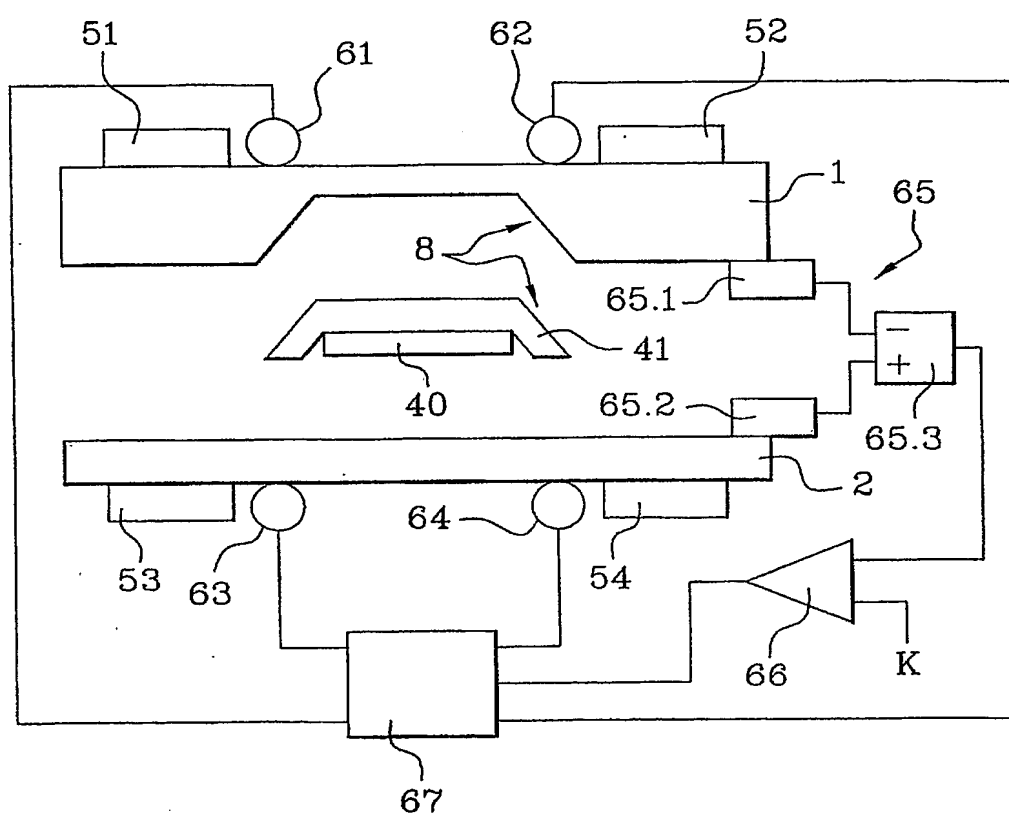


Fig. 6B



**Fig. 7**

7/15

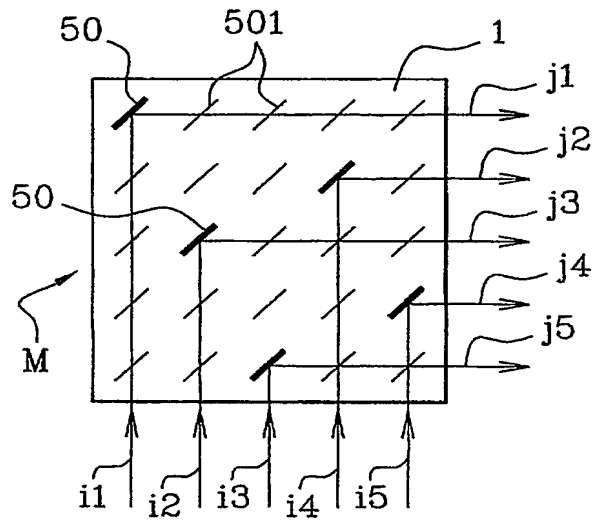


Fig. 8A

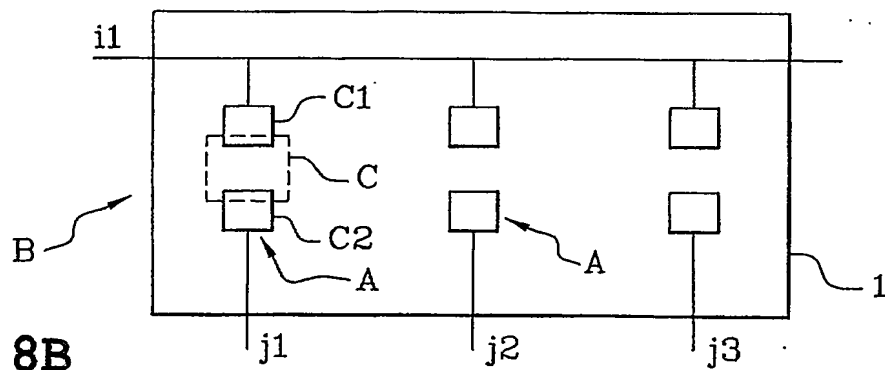
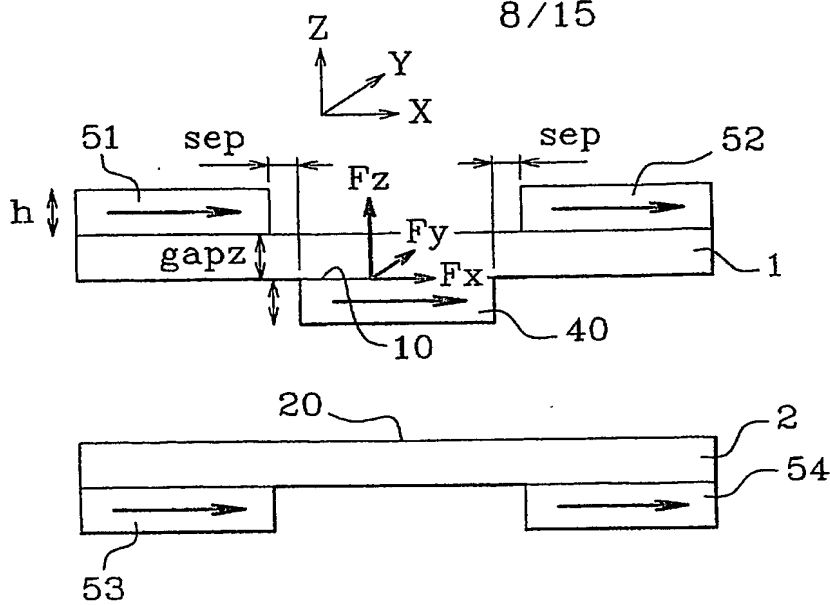
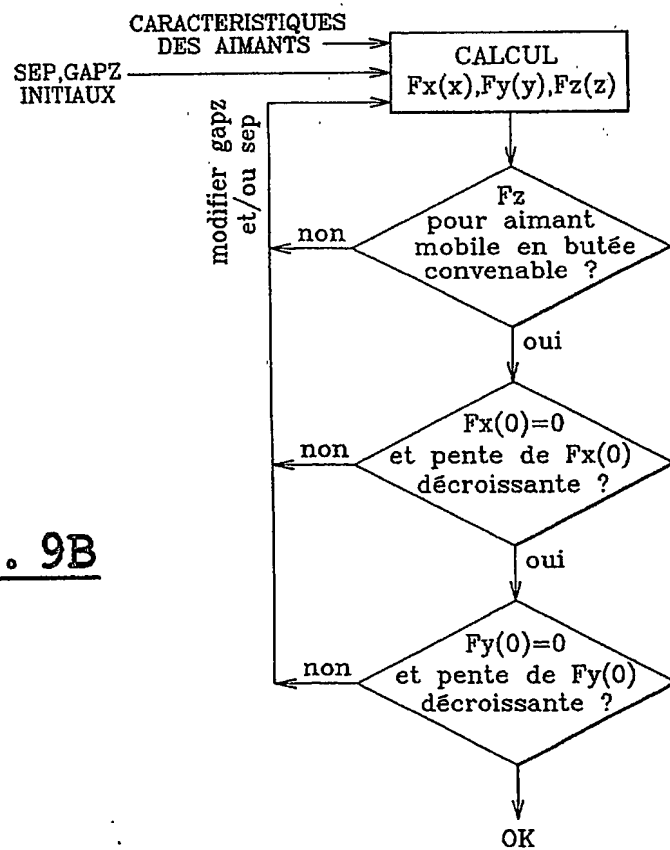
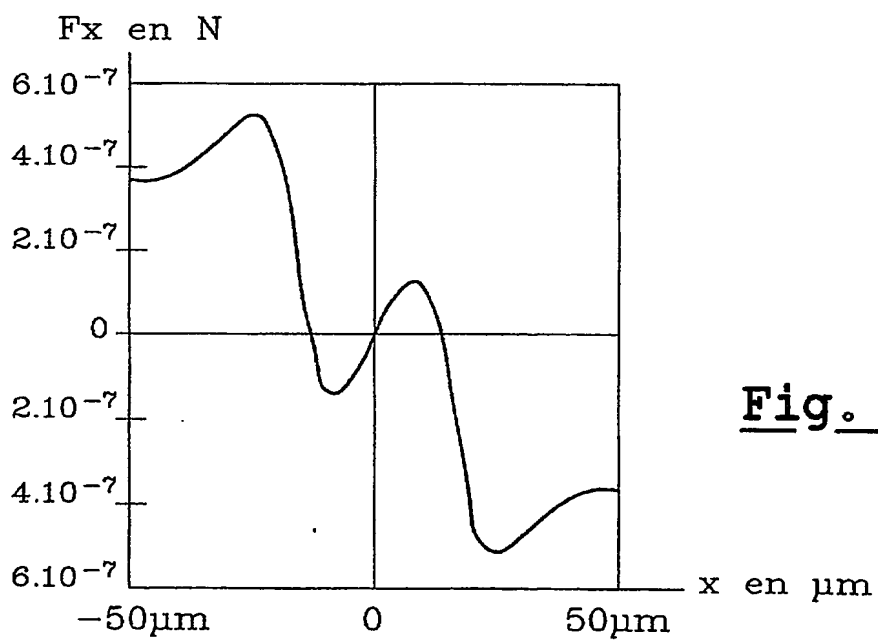
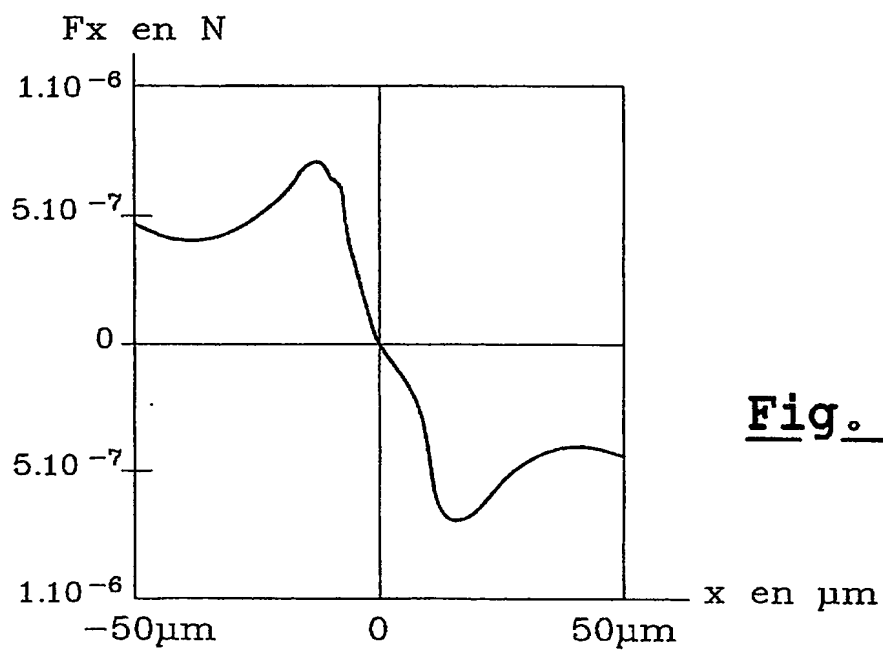


Fig. 8B

Fig. 9AFig. 9B

9/15



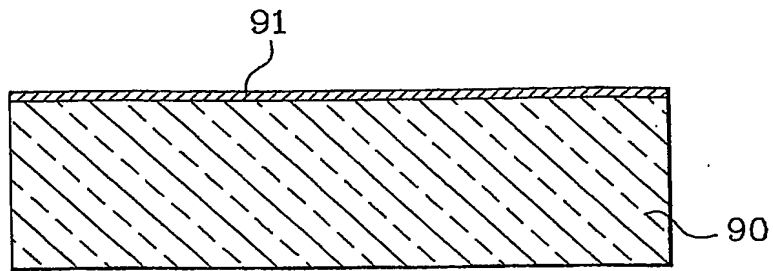


Fig. 10A

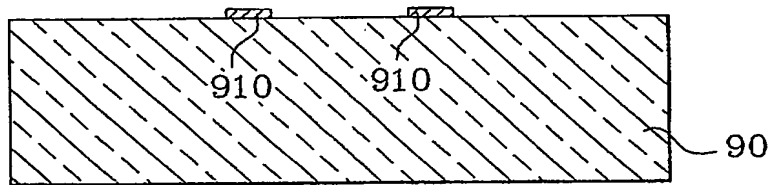


Fig. 10B

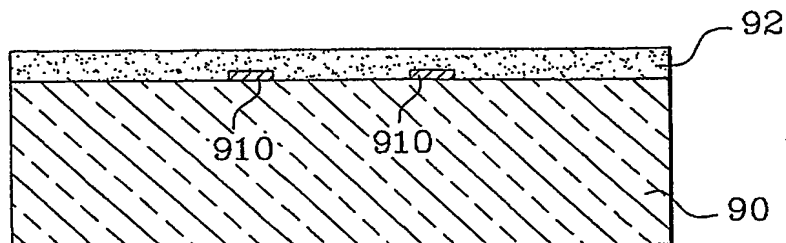


Fig. 10C

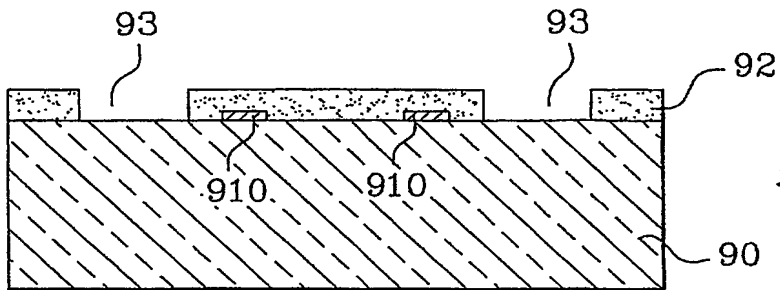


Fig. 10D

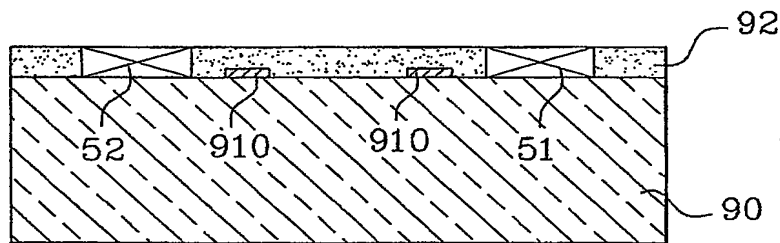


Fig. 10E

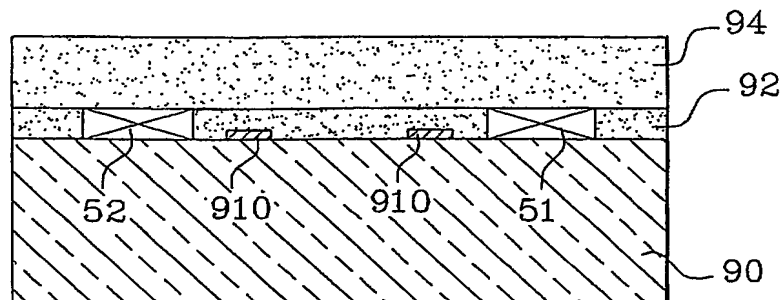


Fig. 10F

12/15

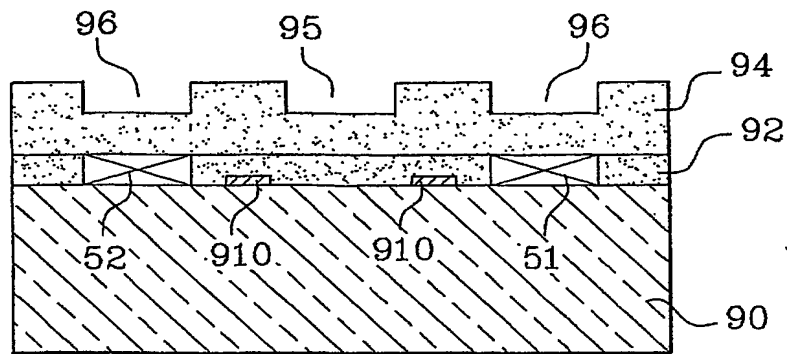


Fig. 10G

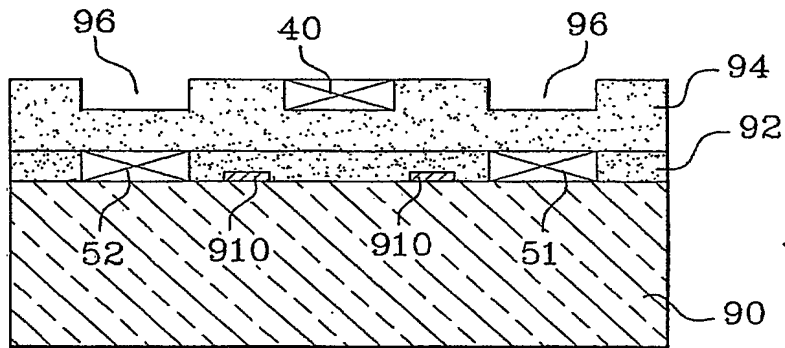


Fig. 10H

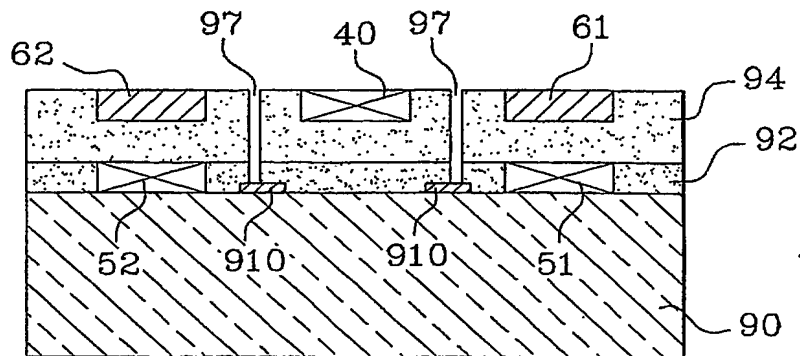


Fig. 10I

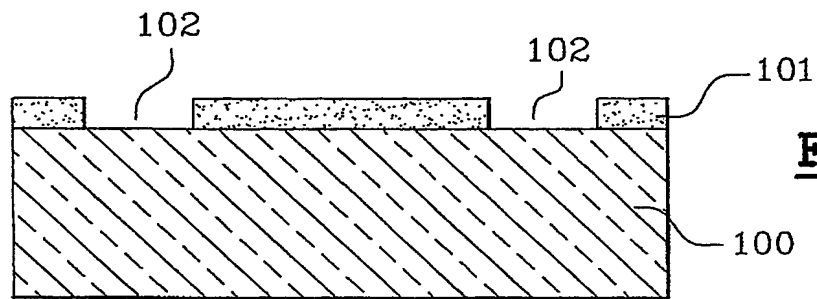


Fig. 11A

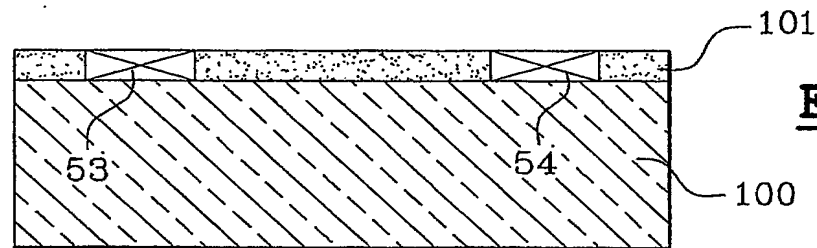


Fig. 11B

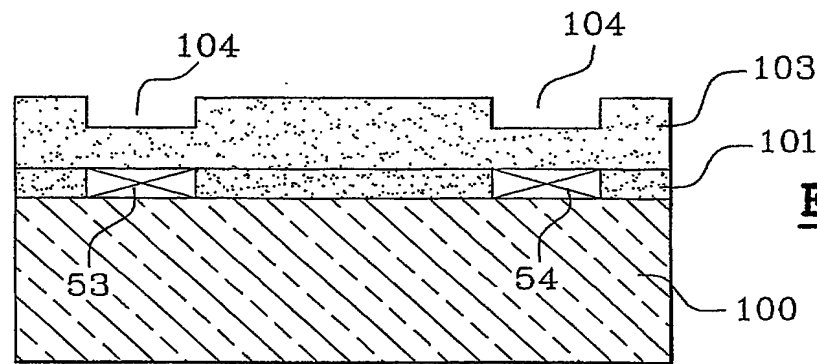


Fig. 11C

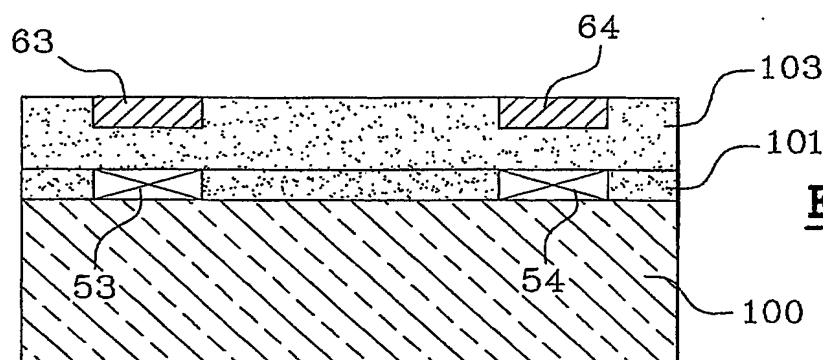


Fig. 11D

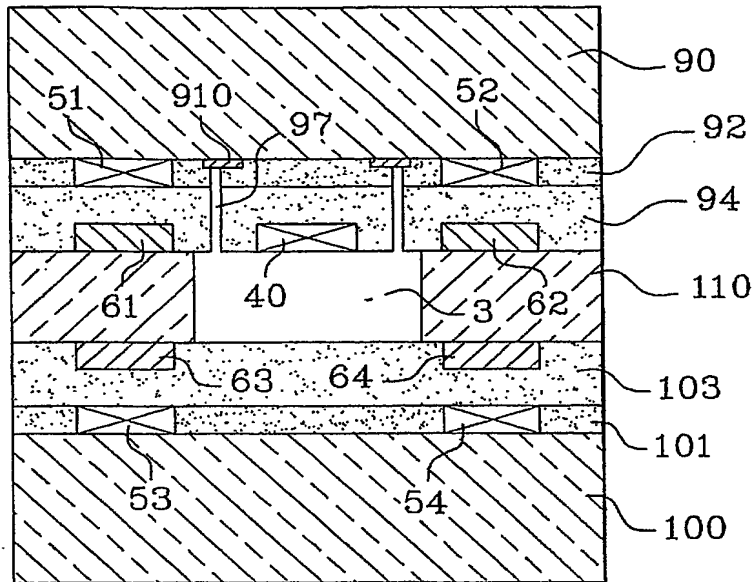


Fig. 12A

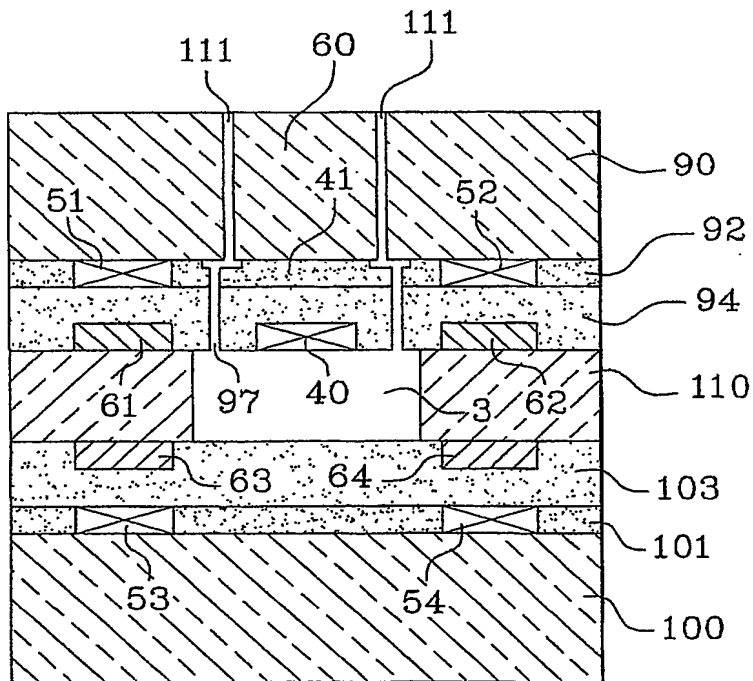


Fig. 12B

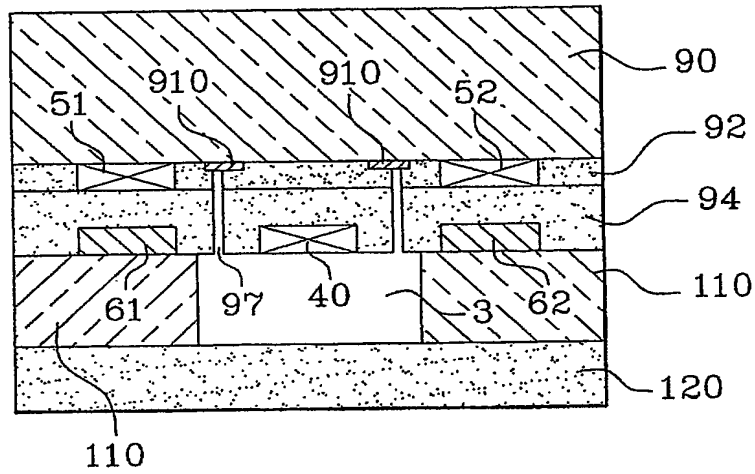


Fig. 13A

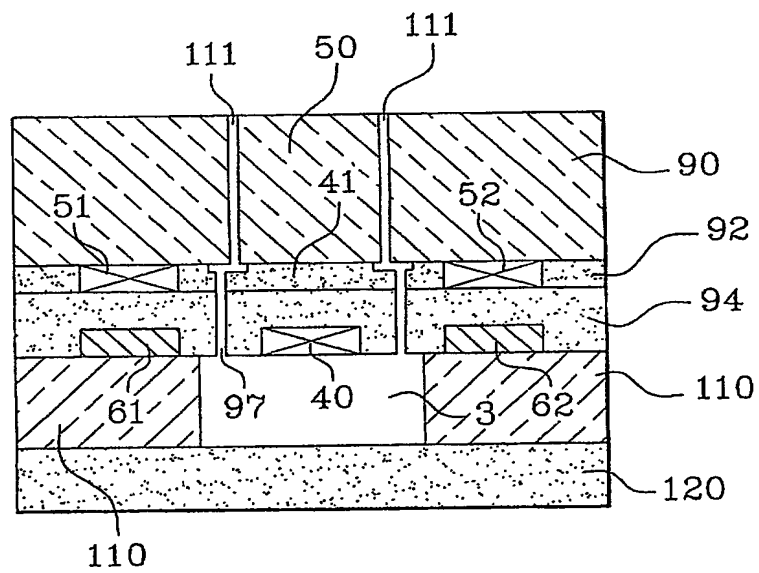


Fig. 13B

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg

75800 Paris Cedex 08

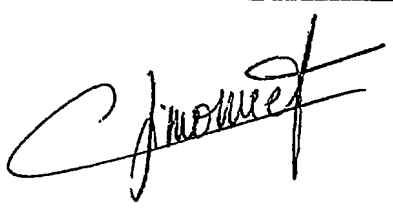
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1. / 2..

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W /260899

Vos références pour ce dossier (facultatif)		B 14175.3 CS SDD 2360 + CNRS+INPG)	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		0209882	
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) ACTIONNEUR MAGNETIQUE A LEVITATION			
LE(S) DEMANDEUR(S) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE 31/33 rue de la Fédération 75752 PARIS 15ème CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE 3 rue Michel Ange 75794 PARIS CEDEX 16 INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE GRENOBLE 46 avenue Félix Viallet 38031 GRENOBLE			
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
Nom		ROSTAING	
Prénoms		Hervé	
Adresse	Rue	482 rue de Certodin	
	Code postal et ville	73870	MONTRICHER ALBANNE
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom		DELAMARE	
Prénoms		Jérôme	
Adresse	Rue	11 rue Ernest Calvat	
	Code postal et ville	38000	GRENOBLE
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom		CUGAT	
Prénoms		Orphée	
Adresse	Rue	1 rue Chamechaude	
	Code postal et ville	38320	POISAT
Société d'appartenance (facultatif)			
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) PARIS LE 02 Août 2002 C. SIMONNET 422-5 S/002			

DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08

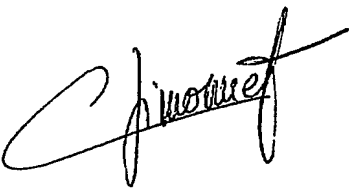
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 2. / 2.

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 260899

Vos références pour ce dossier (facultatif)		B 14175.3 CS (DD 2360+CNRS+INPG)	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		0209882	
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) ACTIONNEUR MAGNETIQUE A LEVITATION			
LE(S) DEMANDEUR(S) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE 31/33 rue de la Fédération 75752 PARIS 15ème CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE 3 rue Michel Ange 75794 PARIS CEDEX 16 INSTITUT NATIONAL POLYTECHNIQUE DE GRENOBLE 46 avenue Félix Viallet 38031 GRENOBLE			
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
Nom		LOCATELLI	
Prénoms		Christel	
Adresse	Rue	51 Bis rue des Aiguinards	
	Code postal et ville	38240	MEYLAN
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) PARIS LE 02 Août 2002 C. SIMONNET 422-5 S/002			

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.